



## Rummet kalder Jorden

Potentialet ved udvikling og anvendelse af nye satellitbaserede tjenester og produkter

Nielsen, Niels Axel; Bolving, Klaus; Skriver, Henning; Knudsen, Per; Lauritsen, Sune Nordentoft; Nørrelund, Anders Vedsted; Witthøft, Børge; Andersen, Morten; Molzen, Jan Eiersted; Wermuth, Hannah K

*Publication date:*  
2013

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Nielsen, N. A., Bolving, K., Skriver, H., Knudsen, P., Lauritsen, S. N., Nørrelund, A. V., Witthøft, B., Andersen, M., Molzen, J. E., & Wermuth, H. K. (2013). *Rummet kalder Jorden: Potentialet ved udvikling og anvendelse af nye satellitbaserede tjenester og produkter*. Technical University of Denmark.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Rummet kalder Jorden

Potentialet ved udvikling og anvendelse af nye satellitbaserede tjenester og produkter





Danmarks  
Tekniske Universitet

**CenSec**  
CENTER FOR SIKKERHEDSINDUSTRIEN I DK



ARKTISK KOMMANDO

BEREDSKABS  
STYRELSEN

**COWI**



**DONG**  
energy

**DSV**  
Global Transport and Logistics



Forsvarets  
Materieltjeneste



Mittarfeqarfiit  
Grønlands Lufthavne | Greenland Airports

**HOFOR**



KØBENHAVNS KOMMUNE



Miljøministeriet  
Geodatastyrelsen



**MAERSK**

NAALAKKERSUISUT  
GOVERNMENT OF GREENLAND



Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri  
NaturErhvervstyrelsen



**NIRÅS**



**SØFARTSSTYRELSEN**

# Rumteknologiens muligheder skal gribes nu

Med denne rapport præsenterer DTU og CenSec den første danske kortlægning af potentialet for innovation og vækst i industri og samfundsøkonomi ved at udnytte rumteknologi. Mere specifikt har vi set på mulighederne inden for satellitbaserede tjenester og produkter.

Rumteknologi rummer en lang række uudnyttede muligheder for at skabe vækst og forbedret konkurrenceevne hos danske virksomheder. Samtidig kan rumteknologien bidrage til, at danske myndigheder kan løse deres opgaver markant mere effektivt.

To EU-programmer er særligt perspektivrige: Rumprogrammet Galileo bliver Europas svar på det amerikanske GPS-system med en række forbedrede tjenester for europæiske brugere, mens Jordobservationsprogrammet Copernicus sætter system i udnyttelsen af data fra satellitter, der overvåger Jorden. Galileo ventes i drift i 2015, mens Copernicus i princippet allerede er i drift, men dog styrkes markant, når en serie nye satellitter forventeligt bliver sendt op i 2014.

For at accelerere udviklingen af nye løsninger inden for rumteknologien har DTU og industriklyngen CenSec iværksat dette sektorudviklingsinitiativ.

I analysen skelner vi mellem interessenter fra "upstream"- og "downstream"-side. Virksomheder der selv arbejder med at udvikle rumteknologi er såkaldte "upstream"-virksomheder; virksomheder og myndigheder, der udnytter eller udvikler satellitbaseret teknologi og tjenester udgør "downstream"-siden. Det er et relativt lille antal danske virksomheder, der arbejder med rumteknologi "upstream". Typisk er de allerede godt informerede både om det teknologiske potentiale og om mulighederne for forskningssamarbejde. Derimod er der et særdeles stort potentiale for, at virksomheder og myndigheder "downstream", kan opnå øget vækst og andre former for samfundsøkonomiske gevinster ved en større anvendelse af rumteknologiske løsninger

"Downstream"-siden består af et meget stort antal interessenter med vidt forskellige behov. I forbindelse med rapporten har DTU og CenSec derfor gennemført besøg

hos en lang række danske virksomheder og myndigheder fra "downstream"-siden. På baggrund af deres ønsker og behov indkredser rapporten en række områder, hvor der er et stort potentiale for danske virksomheder til at opbygge eller styrke deres position som leverandører af satellitbaserede tjenester og ydelser.

Rapporten viser, at slutbrugere af rumteknologi blandt danske virksomheder og myndigheder har ganske konkrete forestillinger om, hvilke løsninger, der er mulige og attraktive inden for deres interesseområder. Men, typisk rækker udfordringerne ud over, hvad en enkelt virksomhed, en enkelt myndighed eller en enkelt forskergruppe på DTU kan overkomme. Rapporten har derfor en række overordnede anbefalinger til, hvordan Danmark kan accelerere anvendelsen af rumteknologi til gavn for vækst, øget konkurrenceevne samt højere effektivitet. Rapporten går ikke i detaljer med alle de rejste problemstillinger, men søger at skabe overblik over løsningsmulighederne.

Andre lande har også fået øje på mulighederne. Flere europæiske lande satser kraftigt på at udnytte de muligheder som Galileo og Copernicus giver. Det er derfor nu, man skal med om bord, hvis man vil høste fordelene af at komme først med nye tjenester og produkter.

Beskrivelsen af de mulige løsninger af dansk interesse er naturligvis ikke komplet. Det har ikke været praktisk muligt at besøge alle danske virksomheder og myndigheder, der kan tænkes at have gavn af løsninger baseret på rumteknologi. Desuden udvikler rumteknologien sig fortsat med rivende hast. Men vi mener, at rapporten er et nyttigt grundlag for mange danske virksomheder og myndigheder til at engagere sig i udnyttelsen af rumteknologi. Oplagt i et tæt samarbejde mellem den private sektor, myndigheder og danske videninstitutioner.

God læselyst!

Niels Axel Nielsen  
Koncerndirektør, DTU

Klaus Bolving  
Direktør, CenSec

## Redaktionsgruppe

Niels Axel Nielsen, koncerndirektør, DTU  
Klaus Bolving, direktør, CenSec  
Henning Skriver, lektor og afdelingsleder, DTU Space  
Per Knudsen, professor og afdelingsleder, DTU Space  
Sune Nordentoft Lauridsen, chefkonsulent, DTU Space  
Anders Vedsted Nørrelund, innovationsansvarlig, DTU Transport  
Børge Witthøft, Wimaco (konsulent for CenSec)  
Morten Andersen, forskningsjournalist, City Pressekontor  
Jan E. Molzen, kontorchef, DTU  
Hannah K. Wermuth, specialkonsulent, DTU (projektleder)

## Virksomheder

### Air Greenland

Peter Thulesen, ingeniør, Ingeniørafdelingen

### A.P. Møller - Mærsk

Palle Juul Jensen, Geomatics Discipline Lead, Maersk Oil; Ole Brinck, Head of Electrical and Automation System Section, Maersk Drilling og Steffen Conradsen, Director, Operations Execution, Maersk Line

### COWI

Michael Schultz Rasmussen, Chief Project and R&D Manager

### Danmarks Rederiforening

Per Winter Christensen, afdelingschef og Morten Glamsø, chefkonsulent, Nautisk Afdeling

### DHI Group

Henrik Madsen, Jacob Tornfeldt Sørensen og Michael Butts, alle Head of Innovation

### DMI

Erik Buch, centerchef for Center for ocean og is

### DONG Energy

Miriam Marchante Jiménez, Principal Specialist, Wind Assessment & Measurement

### DSV

Henrik Olsen, Business Change Manager og Pattrik Johnsson

### Forsikring & Pension

Torben Weiss Garne, underdirektør

### Grønlands Lufthavne

Bent Heuser, afdelingsingeniør og Jens Lauridsen, CEO.

### HOFOR

Margit Lund Christensen, civilingeniør, Plan - Aflob

### NIRAS

Laurids Rolighed Larsen, ekspertisechef, Kortlægning og Mikkel Wendelboe Toft, chefkonsulent (og formand for Geoforum)

### Royal Arctic Line

Jens Boye, driftschef og Allan Idd Jensen, nautisk inspektør

## Myndigheder

### Arktisk Kommando

Michael Hjorth, chef for operationsafdelingen; Frank Thorsen, maritime operationer; Mikkel Perlth, luftoperationer og Jens Jørgensen, uddannelse og drift

### Beredskabsstyrelsen

Brian M. Wesselhoff, sektionschef for Nationalt Beredskab

### Departementet for Boliger, Infrastruktur og Trafik (Selvstyret i Grønland)

Aviaja Sinkbæk, fuldmægtig og ansvarlig for Nunagis

### Forsvarets Materieltjeneste (FMT)

Peter Fahnøe, programansvarlig for GPS i Forsvaret; Christian Birkemark, forsker i signal- og billedbehandling; Freddie Drewsen, forsker og sektionsleder for IT og Charlotte Havsteen, leder af forsvarets center for operativ oceanografi (FCOO).

### Geodatastyrelsen (GST)

Olaf Andersson, områdechef; Niels Broge, seniorkonsulent; Stampe Villadsen, kontorchef; John Kamper, funktionsleder; Rune Andersen, systemudvikler og Steffen Svinth Thommesen, specialkonsulent

### Københavns Kommune (KK)

Thorbjørn K. Nielsen, GIS-projektleder og Arly Stausholm, tekniker. Begge Center for Byggeri.

Anders Rody Hansen, trafikplanlægger og Emil Tin, ITS team. Begge Center for Trafik.

### NaturErhvervsstyrelsen

Peter Eigaard, Enhedschef; Peter Viskum Jørgensen, projektleder og Bo Valeur. Center for Kontrol.

### Søfartsstyrelsen

Omar Frits Eriksson, leder; Dennis Anthony, chefkonsulent, Jens Kristian Jensen, civilingeniør og Michael Strandberg, projektleder, alle fra Maritim teknologi, analyse og forretningsudvikling.

Henvendelser vedr. rapporten kan rettes til projektleder Hannah K. Wermuth, DTU, hkw@adm.dtu.dk

Forsidefoto: ESA - ATG Medialab

# Indhold

	<b>Resumé .....</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>Galileo og Copernicus .....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>Transport og logistik .....</b>	<b>16</b>
<b>3.</b>	<b>Overvågning og beslutningsstøtte .....</b>	<b>26</b>
<b>4.</b>	<b>Fysisk planlægning og entreprenøropgaver .....</b>	<b>38</b>
<b>5.</b>	<b>Potentiale for Danmark .....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>Konklusioner og anbefalinger .....</b>	<b>48</b>

# Resumé



## RESUMÉ

# Satelliternes muligheder trukket ned på Jorden

Denne rapport repræsenterer den første danske kortlægning af potentialet for vækst i danske virksomheder og effektiv løsning af myndighedsopgaver ved hjælp af rumteknologi. Rapporten viser, hvad en række danske virksomheder og myndigheder ønsker at bruge de nye europæiske satellitsystemer til. Samtidig giver rapporten bud på, hvordan danske videninstitutioner i et tæt samarbejde med danske virksomheder og myndigheder kan bidrage til at skabe de efterspurgte løsninger.

Inden for de næste få år bliver to europæiske systemer tilgængelige – ét inden for satellitnavigation og ét inden for jordobservation. Hver for sig, men især ved at kombinere dem kommer der kommercielt interessante muligheder i spil. Som EU-land og som medlem af den europæiske rumfartsorganisation European Space Agency (ESA) har Danmark rige muligheder for at drage nytte af de europæiske projekter. Samtidig er der konkurrencemæssige fordele ved at være blandt de første, der udnytter ny teknologi. Såvel inden for satellitnavigation som jordobservation er der markante udviklinger på vej.

Inden for satellitnavigation er Europa i fuld gang med at opbygge systemet Galileo, der svarer til det amerikanske GPS, men giver en række forbedrede muligheder især for brugere i Europa. De første fire satellitter er sat i kredsløb, og i 2019 vil systemet være fuldt udbygget med mindst 26 satellitter. Allerede i 2015, når der er 14 satellitter i kredsløb, vil systemet være i drift. EU har det overordnede ansvar for Galileo og varetager den daglige drift.

Inden for jordobservation er EU i gang med at implementere programmet Copernicus, hvor grundtanken er at sikre ubrudt indsamling af satellitdata og samtidig tilbyde brugerne information fra disse satellitter gennem en række tjenester. Programmet har også adgang til data fra fly og vejrballoner. Copernicus er allerede i drift baseret på satellitter, som er i kredsløb, men vil blive yderligere styrket af en række nye satellitter, der sendes op i de kommende år med de første opsendelser i 2014.

En række europæiske lande opruster kraftigt i forhold til at udnytte de nye muligheder. I flere europæiske lande er der bl.a. oprettet ESA Business Incubator Centre (BIC) med støtte fra den europæiske rumfartsorganisation. Et ESA BIC støtter opstartsvirksomheder og udvikling af kommercielle applikationer baseret på rumteknologi og -infrastruktur. Anwendungszentrum i Bayern, Tyskland, er ét af de syv ESA centre i Europa. Anwendungszentrum

har på knap 10 år skabt flere end 65 nye opstartsvirksomheder.

Dette projekt viser, at danske virksomheder har en lang række forslag til anvendelsesområder. Mærsk Line forventer, at rederiet kan blive yderligere konkurrencedygtigt ved at udnytte satellitdata til at optimere skibenes sejlruiter og derved spare brændstof og CO<sub>2</sub>-udledning. DHI Group nævner opførelse og vedligeholdelse af offshore vindmølleparker. Her kan satellitter give oplysninger om bølgeforskelene på stedet, som ville være meget bekostelige eller umulige at indhente med traditionelle målinger. Brancheforeningen Forsikring & Pension vurderer, at medlemsvirksomhederne kan opnå store fordele ved at udnytte satellitdata i forbindelse med storme og oversvømmelser, fordi de i mange situationer vil kunne slippe for at sende deres medarbejdere i marken.

## Rapportens tilblivelse

For at kunne udarbejde denne rapport har vi dels kortlagt, hvor DTU har relevant forskningskompetence og dels sammen med industriklyngen CenSec (Center for Defence, Space & Security), spurgt en række danske virksomheder, hvordan satellitbaserede tjenester og produkter kan bidrage til vækst hos dem. Indledningsvist blev en række virksomheder i maj og juni 2012 indbudt til at deltage i to workshops med deltagelse af DTU-forskere. I alt tyve virksomheder deltog ved de to arrangementer. En stor del af de deltagende virksomheder var leverandører af satellitbaserede ydelser, mens enkelte var slutbrugere af ydelserne. Især fra leverandørvirksomhederne var det et stort ønske, at det videre arbejde i projektet i høj grad fokuserede på virksomheder og myndigheder, der er slutbrugere af data fra satellitnavigation og jordobservation. Derfor blev en række virksomheder og myndigheder, der er mulige eller eksisterende slutbrugere af satellitbaserede ydelser, interviewet i perioden september 2012 til februar 2013.

I rapporten er indledningsvist en kort introduktion til satellit-teknologierne Galileo og Copernicus, som rapporten omhandler. Efterfølgende er de tre temakapitler: transport og logistikudfordringer; overvågning og beslutningsstøtte samt fysisk planlægning og entreprenørskab. Rapporten afrundes med en beskrivelse af potentialet for Danmark, efterfulgt af de afsluttende konklusioner og anbefalinger.



## RESUMÉ

Tilsvarende fortæller en række myndigheder, hvordan satellitbaserede tjenester kan forbedre løsningen af deres opgaver. Arktisk Kommando står med et akut behov for styrket overvågning af de store arktiske havområder. Københavns Kommune ser store muligheder for at overvåge kommunens grønne områder samt forbedre forholdene for cyklister gennem satellitnavigation og -overvågning. Natur-Erhvervstyrelsen nævner administrationen af arealstøtten til landmænd samt overvågning af fredet natur. Styrelsen udnytter allerede satellitovervågning i sit arbejde, men ser en række muligheder for at gøre det i endnu højere grad.

Rapporten peger samtidig på det markante potentiale for danske virksomheder, inkl. små og mellemstore virksomheder, som leverandører af satellitbaserede tjenester og ydelser. Projektet har vist, at potentialet for udvikling af såkaldte "downstream"-aktiviteter er stort. Her kan danske virksomheder spille en væsentlig rolle, idet virksomhederne kan være med til at udvikle nye anvendelser, herunder identificere behov for nye satellitdata. Men for danske virksomheder gælder det om at være med nu, hvis man har ambitioner om at ligge fremme i kapløbet om at udvikle og levere de nye tekniske løsninger og dermed omsætte rumteknologiens potentiale til indtjening og vækst i arbejdspladser.

Med andre ord er tiden inde til at tage skridtet fra idé til virkeliggørelse. Rapporten viser, at et lille skridt i nogle tilfælde er nok, fordi en eller flere satellitter allerede leverer de ønskede data, som endda er tilgængelige på en form, der er til at gå til for virksomheden eller myndigheden. I andre tilfælde kræver det en tillempning, hvor slutbrugeren har mulighed for at alliere sig med en kommerciel leverandør. Løsninger til de fleste af de kortlagte problemstillinger vil have interesse også internationalt.

I rapporten har virksomheder, myndigheder og forskere ved DTU identificeret udfordringer og veje til mulige løsninger samt behov for ny forskning, som på kort eller længere sigt kan styrke virksomhedernes konkurrence-situation og effektivisere løsningen af en række vigtige samfundsopgaver. Arbejdet har centeret sig om tre områder, som har fået hvert deres kapitel i rapporten.

**Satellitbaserede løsninger inden for transport og logistikudfordringer:** Rederibranchen står for en væsentlig del af Danmarks BNP, og både for virksomhederne i erhvervet og for samfundet knytter der sig store interesser til at sikre lønsomheden. Tilsvarende er der store muligheder for vækst inden for såvel land- som luftbaseret transport og logistik. Især er den forbedrede nøjagtighed i forbindelse med satellitnavigation i fokus.

**Satellitbaseret overvågning og beslutningsstøtte:** Den typiske slutbruger inden for dette område er en of-

fentlig myndighed med beredskabs- og forsvarsopgaver både i Danmark og i Arktis eller inden for eksempel naturovervågning. Forsikringsbranchen har stor interesse for området, for eksempel når omfanget af skader efter en storm eller et skybrud skal vurderes.

**Satellitbaserede tjenester, der understøtter fysisk planlægning:** Entreprenører, rådgivende ingeniører og myndigheder med ansvar for miljø og fysisk planlægning er blandt de oplagte brugere af satellitbaserede tjenester, der understøtter fysisk planlægning. Rambøll, COWI, Grontmij og NIRAS er store spillere på det internationale marked for rådgivende ingeniører. Virksomhederne i branchen udnytter allerede flydata i vidt omfang, men det er sandsynligt, at satellitbaserede ydelser vil være konkurrencedygtige i mange sammenhænge.

### Anbefalinger

Rapporten viser, at de potentielle slutbrugere af rumteknologi blandt danske virksomheder og myndigheder har ganske konkrete forestillinger om, hvilke løsninger, der er mulige og attraktive inden for deres interesseområder.

Typisk rækker udfordringerne ud over, hvad en enkelt virksomhed, en enkelt myndighed eller en enkelt forskergruppe på DTU kan overkomme. Rapporten har derfor en række anbefalinger til bredere initiativer. Fælles for forslagene er, at det er muligt ved en fokuseret og koordineret indsats at gennemføre dem inden for en overskuelig tidshorisont, og at de har et stort potentiale for at løfte udnyttelsen af rumteknologien til gavn for vækst og konkurrenceevne i Danmark.

#### Anbefaling A - Samfundspartnerskab om satellitbaserede tjenester og produkter

Et af virkemidlerne i den nye Danmarks Innovationsfond er samfundspartnerskaber, hvor private virksomheder, videninstitutioner og offentlige myndigheder går sammen om løsninger på konkrete samfundsudfordringer inden for en tidshorisont på tre til fem år. Et samfundspartnerskab inden for anvendelse af rumteknologi i transportsammenhæng – for eksempel om forbedring af skibenes ruteplanlægning, hvor flere virksomheder og myndigheder i rapporten fortæller om store muligheder – er en oplagt mulighed for at skabe vækst og beskæftigelse. Tilsvarende vil flere af de andre indsatsområder beskrevet i rapporten, kunne løses ved en lignende konstruktion.

#### Anbefaling B - Etablering af et ESA Business Incubator Center i Danmark

Med støtte fra den europæiske rumfartsorganisation ESA bør der etableres et ESA Business Incubator Center (BIC) i Danmark. Et ESA BIC er en "rugekasse" for teknologi-intensiv opstartsvirksomheder, som arbejder for at realisere det

## RESUMÉ

kommercielle potentiale i innovativ brug af rumteknologi i produkter og tjenester uden for rumsektoren. Sådanne centre er i løbet af de seneste år med held blevet etableret i andre ESA-medlemslande. Rapporten viser, at der er al mulig grund til at forvente tilsvarende succes i Danmark.

### Anbefaling C - Styrket klyngeindsats

Rapporten dokumenterer en række nye forretningsområder, produkter og tjenester, som kan skabe vækst og arbejdspladser blandt danske "downstream"-virksomheder. Rapporten vurderer, at et tæt samarbejde mellem virksomheder og videninstitutioner samt videndeling på tværs af aktørerne vil kunne accelerere udviklingen. Rapporten anbefaler derfor en styrket klyngeindsats for "downstream"-virksomheder, der kan fremme den nødvendige videndeling og matchmaking. Klyngen bør særligt fremme, at små- og mellemstore virksomheder kan indgå som leverandører til det danske og internationale marked for satellitbaserede tjenester og produkter.

### Anbefaling D - Dialog om brug af rumbaserede tjenester hos danske myndigheder

Rapporten giver en række bud på, hvordan rumbaserede tjenester kan bidrage til, at danske myndigheder udfører deres opgaver mere effektivt. Rapporten anbefaler på den baggrund, at der etableres en dialog på tværs af de relevante myndigheder. Ofte vil løsninger, der kan hjælpe forskellige myndigheder, teknologisk set have store lighedspunkter. Derfor vil myndighederne med fordel samlet kunne gå i dialog med forskningsmiljøerne og mulige leverandørvirksomheder.

### Anbefaling E - Større dansk virksomhedsengagement i europæisk rumforskning

Dansk rumforskning befinder sig på et meget højt niveau i international sammenhæng. Det dokumenteres blandt andet af store danske fingeraftryk på en række europæiske satellit-missioner. Imidlertid halter Danmark efter, når det gælder evnen til at sikre virksomheder del i ordrerne. Denne rapport viser et stort potentiale for at etablere og gennemføre flere fælles projekter, hvor både rumforskere og virksomheder deltager. Især "downstream" er der et stort uudnyttet potentiale. Oplagte steder at finde finansiering er under EU-rammeprogrammet Horizon 2020 samt hos den europæiske rumorganisation ESA.

### Anbefaling F - Danmark bør støtte især europæiske "downstream"-aktiviteter mere

Den europæiske rumorganisation ESA finansierer aktiviteter både inden for udvikling og opbygning af satellitsystemer "upstream" og udvikling af anvendelser af satellitdata ("downstream"). Traditionelt lægger ESA størst vægt på "upstream"-delen. Men som denne rapport påviser, er "downstream"-

aktiviteterne særdeles vigtige. Det gælder både for danske virksomheders muligheder for at deltage i udviklingsarbejdet og for at sikre, at satellitdata gør mest muligt gavn for samfundet. Det anbefales derfor, at en relativt større del af det danske ESA-bidrag anvendes til at støtte sådanne aktiviteter.

### Anbefaling G - Efter- og videreuddannelse inden for rumteknologi

DTU oprettede i 2012 en ny uddannelse i Geofysik og rumteknologi. Men, når de brancher, der er kortlagt i denne rapport, får øjnene op for de vækstmuligheder, der ligger i udnyttelse af rumteknologierne, forventes det, at der vil komme en efterspørgsel på efter- eller videreuddannelse inden for vidensområder, der ikke er dækket af uddannelsesmarkedet i dag. Danske vidensinstitutioner, herunder DTU, bør derfor være klar til at løfte denne opgave og tilbyde nye efter- og videreuddannelser inden for rumteknologi.

### Deltagende virksomheder/ myndigheder på workshops

De to workshops, som udgør en væsentlig del af grundlaget for denne rapport, havde deltagelse fra: Maersk Oil, COWI, Systematic, Prins Engineering, NIRAS, Gomspace, Terma, DHI, GRAS, DMI, DSV, Forsvarets Center for Operativ Oceanografi, InformiGIS, Fugro, Leica Geosystems, Saab International Danmark, AJ Geomatics, Radiolab Consulting, Ticra, GeoForum, CenSec.

### Interviewede virksomheder/ myndigheder

Følgende mulige slutbrugere af satellitbaserede ydelser er interviewet til rapporten: Air Greenland, A.P. Møller - Mærsk, COWI, Danmarks Rederiforening, DHI Group, DMI, DONG Energy, DSV, Forsikring & Pension, Grønlands Lufthavne, HOFOR, NIRAS, Royal Arctic Line, Arktisk Kommando, Beredskabsstyrelsen, Departementet for Boliger, Infrastruktur og Trafik (Selvstyret i Grønland), Forsvarets Materieltjeneste, Geodatastyrelsen, Københavns Kommune, NaturErhvervsstyrelsen, Søfartsstyrelsen.

### Deltagende institutter på DTU

Følgende institutter på DTU har leveret input til rapporten: DTU Space, DTU Aqua, DTU Byg, DTU Compute, DTU Elektro, DTU Food, DTU Fotonik, DTU Management Engineering, DTU Mekanik, DTU Miljø, DTU Transport, DTU Veterinærinstituttet.

# 1. GALILEO OG COPERNICUS

# Europæisk satellitnavigation: Galileo

### Sådan virker satellitnavigation

En navigationssatellit sender konstant navigationssignaler ned mod Jorden. Signalerne indeholder information om, hvor på sin bane, satellitten befinder sig, og om tidspunktet, hvor signalet blev sendt. For at få sin position på Jordens overflade bestemt, skal man kunne "se" mindst fire satellitter på én gang. I princippet er det nok med tre satellitter for at få positionen, men den fjerde satellit hjælper til ved at synkronisere uret i modtageren på jorden med de atomure, som hver satellit er forsynet med.

Da satellitterne konstant kredser om Jorden, kræver det mange satellitter at sikre, at man hele tiden kan "se" mindst fire satellitter. De fire operatører af navigationssatellitter – USA, Rusland, Kina og Europa – anvender kredsløb i omkring 20.000 kilometers højde. Galileo-satellitterne kredser om Jorden i ca. 23.200 kilometers højde, hvor den nødvendige dækning sikres med 26-30 satellitter. Ulempen ved den store højde er, at signalet, der når ned til Jordens overflade, er ganske svagt. Populært sagt svarer det til at skulle se i en kikkert, om en bestemt bil har tændt sine forlygter et sted i den modsatte ende af Europa. Det kan kun lade sig gøre, fordi modtager-enheden på forhånd ved, præcis hvilket signal, den er på jagt efter.

En anden udfordring er, at signalet fra navigationssatellitterne kan blive påvirket af forstyrrelser i ionosfæren, som er atmosfærens yderste, elektrisk ladede lag. Forstyrrelserne kan forsinke signalet, så modtagerenheden snydes til at tro, at signalet kommer længere væk fra, end det gør i virkeligheden. Det får enheden til at bestemme sin position forkert.

Imidlertid kan man give satellitterne en hjælpende hånd fra jorden. Der sker ved at oprette et system af målestationer og regnecentre, der kan holde øje med ionosfæren og udsende korrektioner til navigations-signalerne.

### Fordele ved Galileo frem for GPS

Galileo vil i modsætning til GPS være integreret med jordstationer, som sikrer en mere nøjagtig og pålidelig position. Desuden fjerner Galileo-satellitterne en væsentlig del af usikkerheden ved simpelthen at sende signaler med større effekt, så de modtages bedre ved jorden. Endelig udmærker Galileo sig ved at have bedre atomure om bord. Derved fjernes også en del af usikkerheden på positionsangivelsen. Systemet er med andre ord mere robust, har bedre forsyningsikkerhed og er mere pålidelig. Disse ting gør bl.a. at det kan bruges i flytrafikken og

mange andre professionelle anvendelser, som rapporten beskriver.

Det kommende europæiske netværk af navigationssatellitter bliver altså bedre end andre landes systemer, specielt for brugere i Europa. Samtidig er systemet designet udelukkende med civile formål for øje. De tre øvrige nuværende systemer - amerikanske GPS, russiske Glonass og kinesiske BeiDou - er alle åbne for civile anvendelser, men kontrolleres af de tre landes militær. Det vil sige, at man som kunde i princippet kan risikere, at der bliver slukket for de civile tjenester i tilfælde af en konflikt, eller at de bliver nedprioriteret og dermed mindre præcise.

Det kan måske lyde hypotetisk, at USA, Rusland eller Kina skulle finde på at behandle europæiske kunder på den måde. Men omvendt er vi i dag så afhængige af ydelser fra satellitnavigation i hverdagen, at alene risikoen er svær at leve med. Blot nogle få dage uden adgang til nøjagtig navigation vil skabe betydelige økonomiske tab for europæisk bankvæsen, transport, luftfart, kommunikation mv. Desuden skal man tænke på, at det tager mange år at skabe et system til satellitnavigation. Hvis

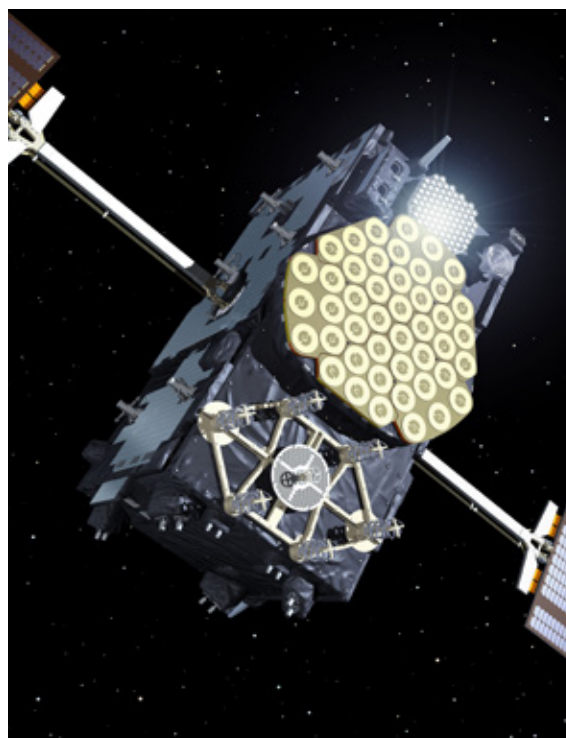


Foto: ESA-P. Carril

## GALILEO OG COPERNICUS

man afventede, at der opstod en overhængende risiko for lukning af ydelserne fra de andre landes systemer, ville det reelt være for sent at skabe sit eget system.

Med andre ord er det i høj grad strategiske hensyn til at gøre Europas borgere, virksomheder og myndigheder "selvforsynende" med satellitnavigation, der er baggrunden for beslutningen om at etablere Galileo. Men når man nu alligevel skulle skabe et nyt system, var det oplagt at gøre det ekstra godt set fra et europæisk synspunkt. Nøjagtigheden af satellitnavigation afhænger ikke kun af selve satellitterne, men i høj grad også af infrastrukturen på jorden. Ved at bygge stationer på jorden, som overvåger atmosfæren over sig, er det muligt at korrigere systemet, så man opnår væsentligt højere nøjagtighed. På den måde bliver Galileo ekstra godt i Europa, lige som GPS, Glonass og BeiDou er ekstra godt i henholdsvis USA, Rusland og Kina.

EU har ansvaret for Galileo-systemet, mens den europæiske rumfartsorganisation ESA står for udviklingen og opsendelserne af satellitterne. Systemet bliver opbygget gradvist. De første fire satellitter er sat i kredsløb, og allerede i 2015, når der er 14 satellitter i kredsløb, vil systemet komme i operationel drift.

### Forretningsmuligheder for virksomheder

Der er stor forskel på den måde Galileo og GPS udvikles. I hele udviklingsfasen af Galileo har EU og ESA forsøgt at tænke ind, at systemet skal skabe nye forretningsmuligheder for europæiske virksomheder. Det var ikke tilfældet ved designet af GPS-systemet, hvor man først senere er begyndt at se på forretningspotentialer.

Et eksempel på, hvordan denne fokus på virksomhedernes behov udmønter sig, er, at der kan vælges særdeles fleksibelt, hvordan Galileo-signalet skal modtages.

Siden GPS-satellitternes barndom er der sket en rivende udvikling inden for modtagerenheder. Mens satellitterne naturligvis spiller en afgørende rolle ved at levere hele grundlaget for navigationen, er det i høj grad kvaliteten af modtageren, der afgør, hvor præcist man kan bestemme sin position. Der er allerede en stor differentiering, så brugere, der har behov for stor nøjagtighed, kan købe sig til den, mens brugere, der kan nøjes med mindre, tilsvarende kan slippe billigere.

Moderne modtagere af signaler fra navigationssatellitter er indbygget i chips, som let kan indbygges i andre apparater – for eksempel mobiltelefoner, navigationssystemer til fly, skibe eller biler, landmåler-instrumenter, vejstationer og meget andet – alt efter det konkrete behov. Med andre ord vil der være en lang række forretningsmuligheder for virksomheder – herunder for mindre virksomheder – der formår at integrere Galileo-chips i deres apparater til såvel mainstream som niche-anvendelser.

Tilsvarende forventes der store forretningsmuligheder inden for Galileo-baserede apps, særligt til transport- og logistikområdet. Et eksempel kunne være en app, der støtter den enkelte chauffør i en distributionsbil (lastbil der kører med varer med mange stop) med dynamisk ruteoptimering. En app, der understøtter intelligent flådestyring for speditøren vil også være interessant, fx hos DSV. Københavns Kommune efterspørger apps eller lignende, der kan se cyklisters bevægelser eller på anden måde give et opdateret øjebliksbillede af trafiksituationen.

Forskere ved DTU Space er aktive i Galileo-programmet. Det gælder især "downstream"-delen, det vil sige mulighederne for at udnytte den nøjagtige position i forbindelse med nye tjenester, som denne rapport har afdækket en række brugerbehov indenfor.

## Europæisk jordobservation: Copernicus

### Sådan virker jordobservation

Den enkleste form for jordobservation består i at sende en satellit i kredsløb for at tage billeder med et kamera. Man kan også vælge at sende et måleinstrument op, som i stedet for almindeligt, synligt lys registrerer stråling med andre bølgelængder, fx infrarød stråling, som bl.a. kan vise temperaturforskelle, eller mikrobølgestråling, der eksempelvis kan give et billede af, om jordbunden er tør eller fugtig.

En anden form for jordobservation består i at forsyne satellitten med en radar. I stedet for at registrere stråling, der af sig selv udsendes fra Jordens overflade, måler man her, hvordan et signal, man sender ned mod overfladen, bliver kastet tilbage. Afhængigt af overfladens beskaffenhed vil signalet blive kastet forskelligt tilbage. Mange typer overflader har helt karakteristiske signaturer, og hvis man har valgt den rigtige bølgelængde i forhold til



## GALILEO OG COPERNICUS



det, man gerne vil undersøge, kan radaren give relevant information om overfladen og objekter derpå.

For mange af satellitterne til jordobservation anvender man lave kredsløb, det vil sige fra ca. 500 til ca. 1.400 kilometers højde, fordi det er nemmere at opnå en høj detaljeringsgrad, når man er tættere på det, man vil undersøge. Der findes dog også jordobservationssatellitter i høje kredsløb. De vælges til formål, hvor hyppig global dækning er afgørende.

Ulempen ved de lave baner er, at den enkelte jordobservations-satellit kun befinder sig ganske kortvarigt over et område. Længere ophold ville ellers være ønskeligt i nogle

sammenhænge. Så kunne man for eksempel overvåge, at ingen skibe ulovligt tømte olie eller andre forurenende stoffer i havet. Det ville imidlertid kræve et stort antal satellitter, der alle var skræddersyet til netop denne opgave, og dermed ville omkostningerne være uforholdsmæssigt store.

I stedet er satellitterne til jordobservation hver sin mission, der er designet til at undersøge bestemte parametre. Afhængigt af typen af målinger og den bølgelængde, der opereres med, er det enkelte instrument egnet til forskellige ting. For eksempel at undersøge tykkelsen af sne og is, at bestemme skovens indhold af biomasse eller mængden af plankton i havet. Satellitterne til jordobservation bevæger



## GALILEO OG COPERNICUS

sig typisk i baner, der gør at dækningsområdet på Jorden afviger en anelse fra et omløb til det næste. På den måde overlapper observationerne hinanden, og man får efterhånden dækket hele det område, man interesserer sig for. Efter en vis periode har satellitten overfløjet hele området. Derefter starter den forfra, så den igen passerer de samme områder, hvor det nu bliver muligt at registrere forandringer i forhold til tidligere. Dette gør jordobservations-satellitter ideelle til at opdage ændringer i landskabet.

Selvom hver jordobservations-satellit typisk er sendt op med et bestemt formål for øje, er der i stigende grad fokus på, at man kan opnå synergieffekter ved at kæde data fra forskellige missioner sammen. Som en konsekvens af den udvikling har EU og ESA sammen oprettet programmet Copernicus. Grundtanken bag initiativet er, at man kan stille de bedste informationer til rådighed for brugerne, når man går på tværs af de forskellige missioner og plukker de rigtige data til det givne formål, hvad enten det drejer sig om overvågning af naturressourcer, biodiversitet, verdenshavens tilstand, den kemiske sammensætning af atmosfæren eller noget helt femte. Copernicus er allerede i drift baseret på en række jordobservations-satellitter, som er i kredsløb. Systemet var tidligere kendt som GMES (Global Monitoring of Environment and Security).

Ud over missionerne der bygges af ESA har Copernicus-programmet mulighed for at trække på data fra en lang række nationale, europæiske satellit-missioner. Især Tyskland, Frankrig og Italien er meget aktive med satellitter inden for jordobservation. Programmet har i øvrigt også adgang til data fra fly, vejrballer mv.

### Kommende missioner giver bedre data

I de kommende år vil europæisk jordobservation blive yderligere styrket af en række nye europæiske satellitter. De har vidt forskellige formål, men indgår i samme serie med det fælles navn Sentinel. Serien markerer en højere fokus på rutinemæssige anvendelser, der er interessante for erhvervsliv og myndigheder. Et af hovedformålet med serien er at sikre en kontinuert opsamling af data. De tidligere europæiske jordobservations-missioner har alle været udtænkt primært med forskning for øje. Men naturligvis vil forskerne også få glæde af Sentinel-satellitterne.

De tre første missioner, Sentinel-1, Sentinel-2 og Sentinel-3, kommer alle til at bestå af to tvillinge-satellitter. De to Sentinel-1 satellitter medbringer hver en syntetisk apertur radar (SAR), som skal levere billeder til Copernicus' brugere. En SAR kan optage billeder dag og nat i al slags vejr. Satellitten vil sandsynligvis blive opsendt i begyndelsen af 2014.

Missionen Sentinel-2 skal bestå af optiske satellitter, der rutinemæssigt leverer billeder i høj opløsning baseret på optagelser af såvel synligt lys (altså almindelige billeder) og infrarødt lys. Opsendelsen er planlagt til 2014.

Samme år forventer ESA at kunne opsende den tredje Sentinel-mission. Hovedformålet bliver at måle højden af havets overflade, havets farve, samt temperaturen af såvel havets som jordens overflade. Disse data tænkes især at blive relevante for miljø- og klimaovervågning samt for prognoser for havets opførsel.

Missionerne Sentinel-4 og Sentinel-5, der er planlagt til opsendelse i 2019 og 2020, skal blandt andet spille sammen med nye generationer af avancerede vejr-satellitter, som ventes opsendt i de kommende år i samarbejde mellem ESA og den meteorologiske satellitorganisation EUMETSAT.

Forskere ved DTU Space er aktive i forbindelse med Copernicus-programmet. Det gælder både "upstream" i forbindelse med planlægning og design af satellitmissioner, hvor instituttets forskere indgår i udvalg og arbejdsgrupper i ESA-regi, samt "downstream", hvor man deltager i udnyttelse af data fra jordobservation.

## Droner - rumfartens fætter

Udtrykket drone er for mange forbundet med militære anvendelser, men i de senere år er der vokset en lang række civile anvendelser frem af Unmanned Aerial Vehicles (UAV), som de kaldes i fagsproget. Som det fremgår af eksemplerne i denne rapport, står danske virksomheder og myndigheder ofte i en situation, hvor de skal afveje fordele og ulemper ved at indhente data fra satellitbaseret jordobservation kontra eksempelvis flyfotos. Her kan droner være et tredje alternativ. Ofte er der mulighed for at udruste en drone med teknologi, der svarer til den, som en satellit er forsynet med, samtidig med, at man for det første er tættere på målet for observationerne og for det andet selv kan bestemme, hvornår optagelserne skal foregå. Typisk vil det være en afvejning af omkostninger i forhold til den forventede kvalitet, der afgør, hvilken af de tre typer løsninger, som er bedst i det konkrete tilfælde. Hos DTU Space og flere andre institutter på DTU har forskerne erfaring med alle tre typer af løsninger. Typisk vil den grundlæggende teknologi være den samme, selvom den er udmøntet forskelligt i de tre situationer. Derfor er forskerne i stand til at vejlede virksomheder og myndigheder til at træffe de bedste valg.



## 2. TRANSPORT OG LOGISTIK

"Med bedre kortlægning af havstrømmene kan vi spare brændstof og dermed både penge og miljøpåvirkning. Men forudsætningen er, at vi kan få friske data om havstrømmene. Det behøver ikke ligefrem at være i real-tid, for så hurtigt ændrer havstrømmene sig trods alt ikke, men data må ikke være mere end højst fire-seks timer gamle."

*Steffen Conradsen  
Director, Operations Execution, Maersk Line.*

# Transport til lands, til vands og i luften

*Under arbejdet med rapporten er en række myndigheder og virksomheder spurgt, hvilket potentiale, de ser for nye løsninger baseret på data fra Copernicus eller Galileo. Det har vist sig, at løsningerne overvejende ligger inden for tre hovedområder: Transport og logistik. Overvågning og beslutningsstøtte. Fysisk planlægning. For hvert hovedområde viser vi først, hvor slutbrugerne ser udfordringer og muligheder. Derefter kommer de bud på løsninger og udviklingsmuligheder for området, som DTU's forskere ser.*

Den typiske bruger af satellitbaserede løsninger inden for transport og logistikudfordringer er en privat operatør. Blandt disse står rederibranchen for en væsentlig del af Danmarks BNP. Både for virksomhederne i erhvervet og for samfundet knytter der sig store interesser til at sikre lønsomheden. Tilsvarende er der store muligheder for vækst inden for såvel land- som luftbaseret transport og logistik. Som eksemplerne i rapporten viser, er det især den forbedrede nøjagtighed i forbindelse med satellitnavigation, der er i fokus for transporterhvervene. Også en række muligheder inden for jordobservation, er interessante. For eksempel kan data fra satellitter bidrage til at planlægge forbedrede sejlruiter i forhold til de aktuelle vejr- og strømforhold. En bedre sejlroute, der mindsker transporttiden, betyder penge på bundlinjen. Desuden kan forbruget af brændstof holdes nede til fordel både for driftsøkonomien og for det globale miljø og klima. Ud over for de mange private virksomheder i transporterhvervene har området interesse for Søfartsstyrelsen og en række andre myndigheder.

### Containerskibe sikkert og effektivt fra kaj til kaj

Satellitnavigation og jordobservation er interessant for flere selskaber i A. P. Møller – Mærsk gruppen. Det gælder primært aktiviteterne offshore, dvs. i Maersk Line, Maersk Oil samt Maersk Drilling.

”Det vil være interessant at kunne styre containerskibene til kaj automatisk ved hjælp af satellitnavigation. I den sammenhæng vil det være afgørende, om eksempelvis Galileo-systemet kan give os den nødvendige nøjagtighed. I sagens natur er der brug for en særdeles høj grad af pålidelighed, hvis man skal bringe et 400 meter langt containerskib til kaj baseret på automatisering. Vi skal i så fald kende positionen med en nøjagtighed på ganske få centimeter,” siger Steffen Conradsen, Director, Operations Execution, Maersk Line.

Rederiet forventer desuden, at positionering og jordobservation kan bruges til at optimere sejlruiterne i forhold til blandt andet havstrømme.

”Det kan i så fald spare brændstof og dermed både penge og miljøpåvirkning. Men forudsætningen er, at vi kan få friske data om havstrømmene. Det behøver ikke ligefrem at være i real-tid, for så hurtigt ændrer havstrømmene sig trods alt ikke, men data må ikke

være mere end højst fire-seks timer gamle,” siger Steffen Conradsen.

For såvel Maersk Oil som Maersk Drilling er det især olie-efterforskning og -udvinding i Arktis, som gør det aktuelt at vurdere nuværende og fremtidige satellitbaserede teknikker og teknologier.

”Blandt andet i forbindelse med igangværende seismiske undersøgelser har vi behov for at følge alle former for is på havet, herunder isbjerge. De nuværende kommercielle tjenester er begrænsede. Opløsningen er ikke god nok til formålet, og vi kan ikke få data i sand tid,” forklarer Palle Juul Jensen, Geomatics Discipline Lead, Corporate Technology & Projects, Global Subsurface Technology, Maersk Oil.

Tilsvarende har muligheden for overvågning af is i de arktiske farvande også betydning for Maersk Drilling. Selskabet designer og opererer borerigge. I den sammenhæng er det interessant at vide, om satellitbaserede tjenester kan mindske risikoen for kollision med isbjerge.

”Især når havet er dækket af tåge, er isbjergene svære at få øje på. Her kan satellitter måske være til hjælp. Sværere bliver det nok med opdagelse af eksempelvis såkaldt sort is, der nogle gange dannes på havet,” siger Ole Brinck, Head of Electrical and Automation Systems Section, Maersk Drilling.



Endelig oplever alle tre Maersk-selskaber et behov for forbedret kommunikation og dataoverførsel med stor båndbredde i det nordligste Arktis.

### Kurs mod sikker sejlads

Når Søfartsstyrelsen bidrager til at højne sikkerheden for skibsfarten i danske, grønlandske og færøske farvande sker det allerede i høj grad med hjælp fra rummet. Først og fremmest fra satellitter, der modtager besked om positionerne fra især de større skibe. Alligevel er der god plads til yderligere fremskridt.

”Vores tanke er at skabe egentlig elektronisk navigation – E-Nav i vores jargon – hvor de relevante data for skibsfarten er fuldt integreret med positionering for alle skibe,” siger Omar Frits Eriksson, leder af kontoret for Maritim Teknologi, Analyse og Forretningsudvikling i Søfartsstyrelsen.

I dag har alle skibe over 300 bruttotons pligt til at have såkaldte AIS-sendere (Automatic Identification System), som gør det muligt at holde styr på skibenes positioner via nuværende satellitter. De nuværende satellitter er dog i lave kredsløb, som betyder, at de hurtigt taber det enkelte skib af syne. Man har altså ikke konstant styr på skibene, men får dog deres positioner rapporteret adskillige gange i døgnet.

”Vi ville naturligvis gerne have besked om positionerne væsentligt hyppigere. Desuden vil vi også gerne kende positionerne for de mange mindre fartøjer, der ikke har pligt til at medføre AIS,” siger Omar Frits Eriksson.

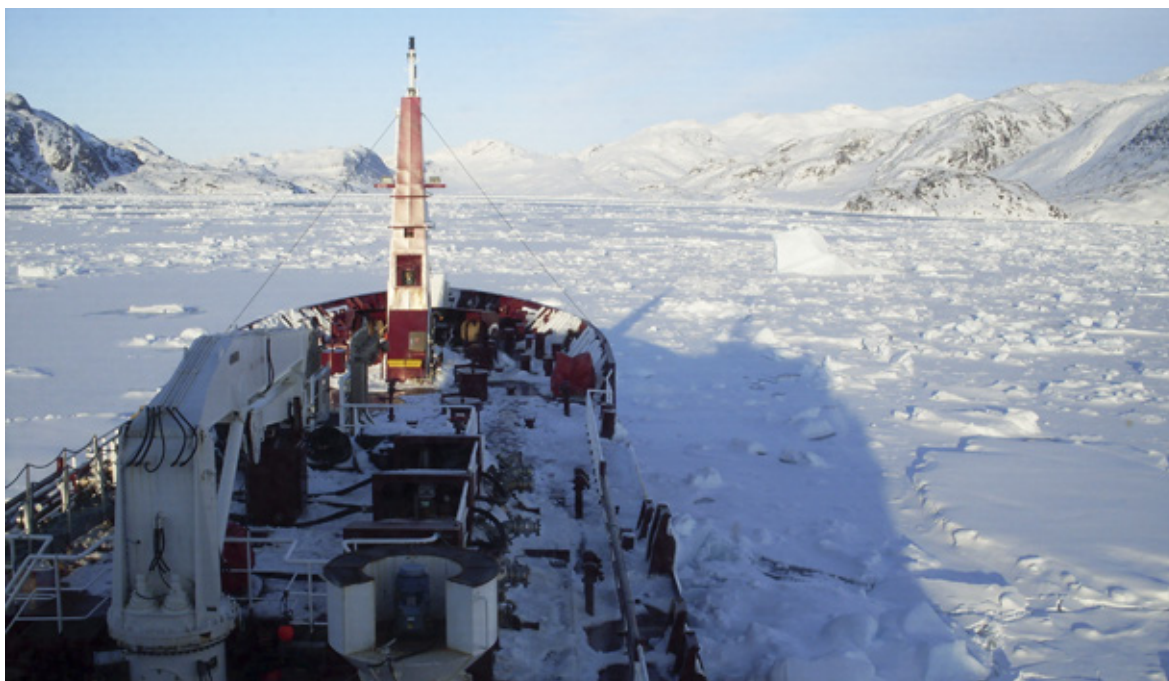
Det vigtigste formål er at gøre sikkerheden for skibsfarten så høj som overhovedet muligt, men der kan også tænkes en række andre fordele.

”Fuldt udviklet E-Nav, hvor man også har data fra vejrudsigter, strømforhold og lignende inde, vil blandt andet kunne bruges til at optimere skibenes ruter, så forbruget af brændstof bliver mindst muligt. Det vil gavne rederiernes økonomi, og desuden være godt for miljø og klimabeskyttelse. Det bliver også muligt at planlægge ruten sådan, at man ved, at der er plads i havnen, når man kommer frem,” forklarer Omar Frits Eriksson.

I sagens natur vil E-Nav fungere bedst, hvis man ikke kun benytter systemet i Danmark, tilføjer han:

”Maritime løsninger skal være internationale. Derfor bruger vi meget energi på at arbejde internationalt for E-Nav. Men vi kan bestemt godt forestille os, at danske virksomheder og dansk forskning kan spille en stor rolle ved at gennemføre demonstrationsprojekter, som kan være med til at overbevise andre lande om, at E-Nav er værd at satse på.”





### Rederier kan høste fordele af grøn omstilling

I de kommende år bliver den internationale skibsfart gradvist stillet over for skærpede krav til skibenes udslip af forurening og af drivhusgassen CO<sub>2</sub>. Det er på samme tid en udfordring for de danske rederier og en forretningsmulighed, fordi man typisk er længere fremme med grøn omstilling i forhold til konkurrenterne.

”Medlemmer af Danmarks Rederiforening er langt med at omstille sig og vil naturligvis overholde de nye krav. Derfor vil det være en stor fordel, at der blive holdt øje med, at alle skibe overholder kravene,” siger afdelingschef Per Winter Christensen, Nautisk Afdeling, Danmarks Rederiforening.

Kravene, der er stillet af den internationale søfartsorganisation IMO, angår energi-effektiviteten samt udslippene af svovloxider (SOx) og kvælstofoxider (NOx). Energi-effektiviteten er et mål for, hvor meget CO<sub>2</sub>, der udledes per sejlet distance sat i forhold til den transporterede mængde af gods.

”På et stort skib koster det ca. 15.000 USD ekstra per døgn at sejle med olie med lavt svovlindhold, så man overholder den grænseværdi for udledning af svovloxider, som bliver gældende i 2015. Man må forudse, at en del rederier rundt omkring i verden vil være fristet til at sejle videre med traditionel olie. Derfor vil det være i vores interesse, at satellitbaserede tjenester kan opdage forhøjede udslip fra skibene,” siger Per Winter Christensen.

Rederiforeningen ser i øvrigt mange andre muligheder i satellitbaserede tjenester.

”For eksempel betyder afsmeltningen af is på de arktiske have, at der gradvist kan sejles mere gennem Nordøstpassagen nord for Rusland. Det kan for nogle skibe spare op til 20 dages transporttid, men det stiller samtidig nye krav til overvågning af farvandet. Her vil det være oplagt at bruge satellittjenester,” siger afdelingschefen.

Han tilføjer, at også elektronisk navigation – E-Navigation – og overvågning af piraters sejlads er mulige emner, hvor rumfarten kan spille en rolle.

### Arktisk sejlads på isens betingelser

Hos Royal Arctic Line (RAL) med hovedkontor i Nuuk er man vant til, at rederiets 11 skibe ofte er nødt til at ændre ruter og sejlplaner for at tilpasse sig naturens luner. Nu har klimaforandringerne tilføjet et ekstra element af usikkerhed. Det bringer værktøjer til at overvåge forholdene i endnu højere kurs.

”I international sammenhæng arbejdes der på at udarbejde et regelsæt for skibe, som sejler i arktiske og antarktiske farvande, den såkaldte Polar Code. Skibene vil blive delt ind i forskellige kategorier med hver deres normer, som muliggør sejlads i forskellige geografiske og klimatiske områder. Her kunne satellitter til jordobservation være med til at afgrænse områderne,” siger driftschef Jens Boye, Royal Arctic Line.



## TRANSPORT OG LOGISTIK

De nye regler, som får den internationale maritime organisation IMO som afsender, er udløst af stigende skibstrafik i det arktiske område. Blandt andet ønsker et stigende antal krydstogtskibe at lægge kursen forbi. RAL er agenter for nogle af skibene, når de ligger i grønlandsk havn. RAL står for driften af de 13 største havne.

”Ved mange af havnene er det en stor udfordring, at skibsførerne skal navigere meget præcist på grund af skær og lignende. Her vil pålidelig og nøjagtig satellitnavigation bestemt være attraktiv.”

Klimaforandringerne betyder blandt andet, at det er muligt at besejle Ilulissat en større del af året end tidligere.

”Byen efterspørger naturligt nok mere sejlads, men hvad man ikke kan se inde fra byen er, at der nogle gange kan være problemer med et bælte af is, der løber vest om Disko og ned syd for Aasiaat. Her vil det være værdifuldt for os at få bedre prognoser for isens udvikling,” siger Jens Boye.

Også bedre kortlægning af havstrømme er et stort ønske.

”Vi indretter allerede vores sejlads, så vi sejler mest muligt i medvind og med gunstig strøm. På den måde sparer vi brændstof. Men med aktuelle data for strømmene vil vi formentlig kunne spare endnu mere,” siger driftschefen.

Ud over i farvandet omkring Grønland opererer RAL også i den modsatte ende af verden – nemlig ved Antarktis, hvor skibet benytter Capetown i Sydafrika som basehavn.

”Også her vokser trafikken med blandt andet krydstogtskibe. Samtidig er det et problem, at Antarktis jo ikke har nationale stater, der har ansvar for kystredning og lignende tjenester, lige som der generelt mangler infrastruktur. Desuden er der nogle forskelle på, hvordan is og sne opfører sig i forhold til Arktis,” konkluderer Jens Boye.

”Så alt i alt vil der være god brug for satellitbaserede tjenester, der kan hjælpe os med at operere i farvandene omkring Antarktis.”

### Næste generation af flådestyring hos DSV

Med ca. 17.000 lastbiler kørende rundt på Europas veje en typisk dag, skal der kun en minimal besparelse i tid til for hvert køretøj, før DSV kan se markante økonomiske resultater. Derfor er satellitpositionering særdeles interessant for transportkoncernen.

”For eksempel har vores distributionsbiler mellem 30 og 50 stop på en dag. Kan vi spare chaufføren for et minut for hvert stop, er det altså 30-50 minutter i løbet af en dag. Chaufførerne og deres tid er et stort udviklingsområde

	A.P. Møller - Mærsk	Air Greenland	DHL (CRAS)	DHL	DSV	FMT	Grønlands Lufthavn	GST	KK - Center for Trafik	Alpias	Rederiforeningen	Royal Arctic Line	Søfartsstyrelsen
Transport- og logistikudfordringer													
<b>1. Lufttransport</b>													
GNSS en route med Galileo		X											
Systemer der kan sikre landing af fly på anden vis end ved visuel kontakt		X				X							
<b>2. Godstransport til søs</b>													
Forbedrede muligheder for ruteplanlægning, herunder ruteoptimering	X		X							X	X	X	X
Valide data om isfri perioder for de nordlige sejlruiter										X			
Overvågning af havis og isskasser	X			X	X					X	X	X	X
Pålidelig og nøjagtig pos.bestemmelse ved havnmanøvrer o.a.	X								X		X		
Større sikkerhed ved elektroniske søkort						X		X	X	X	X	X	X
Måling af SoX og NoX udledning fra skibe										X			
<b>3. Landtransport - personer, cykler og personbiler</b>													
Personer/transportmidlers færden i byrummet								X					
Cykelstikomfortmålinger ift. beskaffenhed og fremkommelighed								X					
Roadpricing								X					
<b>4. Landtransport - lastbiler</b>													
ITS udfordringer, fx standarder for fleet management					X								
Flådeoverblik og beslutningsstøtte for chauffør/disponent					X								
Varsling på strækninger, hvor tempoet falder, så man kan vælge anden vej					X								
Standardiserede trafikdata for København (relevant for hele branchen)					X								
Beviser for levering af gods hvor modtager ikke er til stede					X								
Roadpricing					X			X					

Tabel 1: Tabellen viser de behov, som virksomheder og myndigheder har rejst til nye eller forbedrede løsninger til transport- og logistikudfordringer.



for os,” siger Henrik Olsen, Business Change Manager, DSV.

Såkaldt flådestyring, hvor lastbilernes ruter planlægges ved hjælp af computerstøtte, er efterhånden en gammel nyhed i branchen. Alligevel bruger såvel chaufførerne som de ca. 1.500 disponenter i DSV, der planlægger ruterne, fortsat meget tid på telefonsamtaler.

”Vi har lokale flådestyringssystemer i flere lande. Det er de erfaringer, vi nu ønsker at give til alle,” forklarer Henrik Olsen.

Forudsætningen for det, man kan kalde næste generation af flådestyring, er naturligvis, at virksomheden har fuldstændig styr på, hvor køretøjerne befinder sig. DSV har taget det første skridt ved at opruste med nyt GPS-udstyr, som skal monteres på ca. 6.000 trailere frem mod slutningen af 2013. Det vil dog ikke løse alle udfordringer, erkender Henrik Olsen:

”Vi ejer mindre end fem procent af de lastbiler, som vi kontrollerer, mens de resterende godt 95 procent ejes af vognmænd, som DSV har samarbejde med. Det betyder, at vi ikke direkte kan stille krav om, at chaufførerne kører med bestemte former for udstyr. Derfor er vi især interesserede i løsninger, der kan bruges på forskellige platforme. For eksempel i form af app's, som chaufførerne selv kan hente til deres smartphones eller pads. Mange chauffører kører i øvrigt både for os og for andre. Derfor vil det være godt med et system, chaufføren kan slå til og fra, afhængigt af, hvem han kører turen for.”

Selvom positionering naturligt har stor interesse for DSV, kan Henrik Olsen også se andre mulige anvendelser af satellitbaserede tjenester:

”Vi har stor interesse i såkaldte digitale vejkort, herunder i opdateringer, når der er vejarbejde og lignende. Desuden skal kortene vise de frie højder under broer og lignende steder. Vi har købt licenser til alle de digitale kort, der findes. I dag er det et problem, at kortene kører på forskellige standarder. Der ligger et stort potentiale i at få området standardiseret.”

For god ordens skyld understreger Henrik Olsen, at det fortsat skal være chaufføren selv, der tager den endelige beslutning om sin rute:

”Men vi vil gerne levere det bedst mulige grundlag for ham at træffe beslutningen på. Derfor er satellitbaserede tjenester interessante for os.”

### Cyklister hurtigere gennem Københavns mylder

En moderne storby er som en myreture, hvor det umiddelbart kan være svært at se en struktur i de mange enkeltindviders bevægelser. Det er en udfordring for de planlæggere, der har til opgave at gøre dagligdagen for borgerne bedre.

”For eksempel har Københavns Kommune en klar målsætning om at fremme cyklismen. Når vi etablerer nye cykelstier eller laver andre tiltag, der skal gøre det nemmere for cyklisterne, vil vi naturligvis meget gerne vide, om det faktisk betyder, at cyklisterne kommer hurtigere gennem byen. Vi vil også gerne opdage det, hvis vejarbejde eller andre forandringer i bybilledet betyder forsinkelser for cyklisterne,” siger trafikplanlægger Anders Rody Hansen, Center for Trafik, Københavns Kommune.

Storbyens cyklister udgør en uensartet masse, ofte med en temmelig anarkistisk adfærd. De er med andre ord svære at holde styr på.

”Derfor er vi interesserede i enhver metode, der kan hjælpe os. Det kunne være såvel satellitnavigation, der følger cyklisterne bevægelser, eller jordobservation, der giver billeder af trafiksituationen,” siger Anders Rody Hansen og tilføjer, at kommunen også er interesseret i viden om de øvrige grupper af trafikanters adfærd med henblik på at planlægge den samlede trafik bedst muligt.

### Bedre varsler om isbjerge og giftige alger

Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) er i forvejen en af landets flittigste brugere af satellitdata, og instituttet står også klar til at udnytte de nye muligheder, der åbner sig. Blandt andet har DMI en ledende rolle i et projekt under det europæiske program for jordobservation Copernicus.

”Som hovedregel er det tjenester, som vi kan benytte på operationel basis, der har vores interesse. Det vil sige, at vi efterspørger data i nær-sand tid, som vi kan udnytte til at producere forskellige former for prognoser,” siger Erik Buch, centerchef for Center for Ocean og Is, DMI.

Ud over naturligvis vejrudsigter producerer DMI en række andre former for varslinger.

”De seneste 15-20 år har vi for eksempel kortlagt hav-isen ved Grønland på daglig basis baseret på satellitdata. I de senere år er opløsningen i satellitbillederne blevet så høj, at vi er i stand til at detektere de enkelte isbjerge. Lige nu er der en udvikling i gang, hvor opløsningen er ved at blive så høj, at vi også kan se vanskeligere objekter som is-skosser og større flager, der er brækket af fra isbjergene,” siger Erik Buch.

Observationer af isbjerge er i sig selv interessante, og endnu bedre er det, når DMI også er i stand til at forudsige, hvilken bane isbjerget vil følge.

”Dette er et efterspurgt produkt. For at kunne producere denne type prognoser er vi nødt til at have data for, hvordan en lang række isbjerge har bevæget sig. Det kræver, at vi kan identificere det samme isbjerg på en stribe billeder, der er optaget over en længere tidsperiode. Det er vi efterhånden blevet gode til.”

En anden opgave er at holde øje med olieudslip på havet. European Maritime Safety Agency (EMSA) i Portugal overvåger ud fra satellitbilleder, om der er olie på havoverfladen i europæiske farvande.

”Når de ser noget i havene omkring Danmark, giver de os besked, og det er så vores opgave at producere en prognose for, hvordan olien vil bevæge sig i den nærmeste

fremtid. Samtidig er det sådan, at EMSA ikke dækker farvandene omkring Grønland. I takt med at både skibstrafikken og aktiviteterne omkring eftersøgning efter olie ved Grønland er stigende, vokser også behovet for, at nogle holder øje med, om der forekommer olieudslip. Det vil være nærliggende, at DMI løser den opgave, da man kan se olien ved hjælp af den samme type radar-satellitbilleder, som vi bruger til at opdage isbjerge,” konstaterer Erik Buch.

En tredje tjeneste er varsler for badevandets kvalitet.

”Optagelser fra jordobservationssatellitter kan vise havets farve. På den måde kan vi se mængden af alger i vandet, og vi kan faktisk også se, om der er tale om giftige alger,” forklarer Erik Buch.

Dertil kommer data for blandt andet havoverfladens temperatur, for saltholdigheden, for bølgenes højde og for vandstanden i havene. Nogle af parametrene har interesse for fiskeriet, skibsfarten og andre erhverv. Andre bruges i de meteorologiske modeller, mens andre igen bruges i forbindelse med forskning.

DMI's omfattende erfaringer med at udnytte disse typer af satellitdata har blandt andet ført til, at instituttet har fået lederskabet for den del af det europæiske program for jordobservation Copernicus, der handler om at udvikle tjenester for Nordsøen og Østersøen.

I forhold til satellitbaserede tjenester er DMI både en mulig kunde og en mulig leverandør. På den ene side er instituttet en potentiel bruger af nye tjenester. På den anden side kan man også udbyde tjenester, på samme måde som DMI i dag tilbyder detaljerede vejrudsigter, som efterspørges af virksomheder mv., og andre former for specialprognoser.





# Løsninger og udviklingsmuligheder for området

## Sådan kan rumteknologien understøtte transporterhvervene

På baggrund af de udfordringer og muligheder, som virksomheder og myndigheder har peget på under projektet, har DTU's forskere peget på emneområder, hvor forskning indenfor rumteknologien kan bidrage. Inden for området "Transport og logistikudfordringer" ser DTU's forskere en række løsninger og udviklingsmuligheder, der adresserer de problemstillinger, som myndigheder og virksomheder har fremhævet.

### Lad havstrømmen hjælpe skibet frem

Rederierne forsøger allerede at tage hensyn til havstrømmene, når de planlægger skibenes ruter. Der er både tid og brændstof at spare ved at følge med strømmen frem for at skulle arbejde mod den. Imidlertid er strømforholdene til en vis grad foranderlige, og de nuværende værktøjer er ikke gode nok til, at man kan korrigere ruterne optimalt. Det samme gælder i øvrigt for data om vindforholdene. Blandt andet i det europæiske Copernicus-program bliver der mulighed for at få gode kontinuerte data for vind- og strømforhold. Det vil dog kræve forsknings- og udviklingsindsats at finde frem til de bedste praktiske anvendelser, hvor man integrerer vind- og strømningsdata i rederiernes nuværende løsninger inden for ruteplanlægning.

### Hvornår er de nordlige sejlruiter passable?

Blandt andet på grund af den globale opvarmning er der opstået forøget interesse for arktiske sejlruiter. Eksempelvis kan et rederi spare op til 20 dages transporttid ved at benytte den såkaldte Nordøstlige Sejlroute nord om Rus-

land. Men det kræver naturligvis vished for, at passagen faktisk vil være fri for is i den periode, hvor sejladsen skal foregå. En række jordobservations-satellitter er i stand til at overvåge de arktiske is-forhold. Der er dog fortsat brug for forskning og udvikling, inden man kan stå med løsninger, som rederierne kan basere deres planlægning på. Et af problemerne er, at nogle typer is er svær at se på bilerne. Det drejer sig blandt andet om såkaldte is-skosser og sort is, der nogle gange dannes på havet. En anden problematik er, at det er ønskeligt med en væsentligt højere automatisering af overvågningen. I dag baserer man sig på, at medarbejdere ser billederne igennem og vurderer, hvad der er henholdsvis is og vand. Men i fremtiden er dette uholdbart i betragtning af de store havområder, der skal overvåges, og den høje frekvens af optagelser, som vil være nødvendig for at kunne foretage driftsbeslutninger. Forskere på DTU Space og DTU Compute har mange års erfaring med at udvikle metoder til automatisk detektering og klassifikation af objekter i satellitbilleder. Det gælder for eksempel metoder til automatisk kortlægning af havis og isbjerge. Der eksisterer allerede et samarbejde med DMI, således at udviklingen af metoderne sker i tæt samarbejde med slutbrugeren.

### Galileo hjælper skibet til kaj

Allerede i dag er det teknisk muligt at bestemme sin position så nøjagtigt, at man kan lægge et skib til kaj baseret på satellitnavigation. Ganske vist er det langt fra nok med en almindelig GNSS-modtager. For det første skal man have en avanceret modtager, og – endnu mere væsentligt – skal der være et landbaseret system, der foretager en meget nøjagtig korrektion af signalet fra satellitten. Ud over kor-



rektion for de aktuelle elektriske forhold i ionosfæren, som man mange steder har mulighed for at få fra operatørernes landbaserede installationer, skal der også korrigeres for forholdene i troposfæren, som er den nederste del af atmosfæren. Dette kan man normalt tillade sig at se bort fra, men da det kræver kendskab til positionen med få centimeters nøjagtighed at lægge et skib til kaj, er det en nødvendighed i denne sammenhæng. Forholdene i troposfæren er meget foranderlige. Derfor er det kun muligt at følge tilstanden inden for en radius af ca. 10 kilometer. Med andre ord skal den pågældende havn have investeret i systemet. Med det europæiske system Galileo bliver betingelserne markant forbedret, fordi systemet simpelthen bliver mere nøjagtigt end GPS. En oplagt samarbejdspartner ved udvikling af et system vil være et landinspektørfirma<sup>1</sup>.

### Fremtidens navigation til søs er elektronisk

Hvis skibet var alene på havet, og hvis vind- og strømforhold var konstante, ville det være en let sag at finde den optimale sejlroute fra A til B. I virkelighedens verden er man nødt til at tage hensyn til de øvrige søfarende, særligt i farvande med trængsel, og til de omskiftelige naturgivne forhold. Samtidig er skibsfarten global, så det vil ikke være hensigtsmæssigt, at et enkelt rederi eller for den sags skyld et enkelt land udvikler en særlig form for navigation, som er uanvendelig for andre. Derfor er blandt andre Søfartsstyrelsen, Geodatastyrelsen, brancheforeningen CenSec og DTU Space aktive i internationalt arbejde, der skal munde ud i standarder for elektronisk navigation til søs, i daglig tale e-Navigation. Hovedformålet er at integrere de mange former for relevant information i et sammenhængende system, der understøtter rederier og skibsføreres beslutninger. Der er i høj grad mulighed for at lade sig inspirere af løsninger på land, de såkaldte geografiske informationssystemer (GIS). Der er imidlertid fortsat brug for forskning og udvikling, der kan forbedre de praktiske løsninger og samtidig fungere som grundlag for udbredelsen af e-Navigation.

### Sikre ruter og landinger til luftfarten

Europa er en tæt befolket verdensdel med stor samhandel og turisme. Det betyder trængsel i det europæiske luftrum og dermed også efterspørgsel efter værktøjer til at sikre flytrafikken. Faktisk er netop dette hensyn et af de vægtigste argumenter bag indførelsen af det europæiske system til satellitnavigation Galileo. I forhold til amerikanske GPS bliver Galileo væsentligt mere nøjagtigt og pålideligt ikke mindst til glæde for europæisk luftfart. En særlig tjeneste i tilknytning til Galileo vil være dedikeret til sikker lufttrafik, herunder ruteplanlægning i luftrummet. DTU Space deltager i udviklingsarbejdet. Et særligt aspekt af dansk og grønlandsk interesse er desuden sikkerheden for den arktiske luftfart. Galileo får bedre

dækning og større nøjagtighed i Arktis i forhold til GPS. Den høje nøjagtighed og pålidelighed vil gøre det muligt at lande baseret på Galileo også ved lav sigtbarhed. DTU er allerede involveret i ESA-projektet Arktisk Testbed - sammen med 7 partnere, der har til formål at udvikle og implementere en test-facilitet, der skal bruges til at forbedre satellitnavigation i det arktiske område. Der fokuseres primært på Galileo og på at udvikle SBAS-systemet EGNOS i det arktiske område. Det ville være interessant for DTU at indgå et udviklingssamarbejde sammen med en virksomhed, der arbejder med satellitbaseret kommunikation<sup>2</sup>, hvor systemet bliver udviklet til luftfart såvel som skibsfart.

### Lastbilernes flådestyring er kun i sin barndom

De fleste vognmænd anvender i dag computerstøtte, når de planlægger ruterne for virksomhedens lastbiler. Alligevel har vi formentlig kun set begyndelsen på brugen af IT i branchen. Efterhånden som stadig flere køretøjer bliver forsynet med modtagere for satellitnavigation, vil der ske en stadig tættere integration mellem automatisk indsamling af data for de enkelte enheders positioner og de programmer, der udregner de bedste ruter efter forholdene. Hele denne såkaldte flådestyring vil blive styrket af det europæiske system Galileo, fordi systemet er mere nøjagtigt og har bedre dækning i forhold til GPS. Samtidig vil der ske en højere grad af automatisering, så informationer og instrukser vil flyde lettere mellem chauffører og virksomhedernes hovedkontorer i stedet for, at oplysningerne skal afleveres på telefon. Udviklingen er allerede godt i gang, og mange private udbydere af app's til smart phones og andre skræddersyede løsninger er på banen. Derfor er der typisk ikke brug for ny forskning for at komme videre, men det kan være fordelagtigt at inddrage DTU-forskere som rådgivere.

### "Hul i vejen om 100 meter"

En ny tendens inden for trafikforskning og planlægning er, at man kan udnytte satellitnavigation til at indsamle nyttige data. Enten ved at følge trafikanternes faktiske adfærd for eksempel ved at spore GPS-enheder i deres smart phones eller ved, at trafikanterne aktivt bidrager med oplysninger. For eksempel er det vist i et svensk projekt, at det er muligt at kortlægge huller i vejbelægningen på basis af oplysninger fra trafikanterne. Ved hjælp af en app kan bilisterne melde ind fra deres smartphone, når de ser, at vejbelægningen er skadet. Positionen genereres automatisk via satellitnavigation. Det er en langt mere dynamisk og effektiv måde at kortlægge hullerne frem for, at vejmyndighederne skal køre rundt. Projektet vandt i øvrigt en idékonkurrence i tilknytning til Galileo. På tilsvarende måde er det formentlig muligt at skabe løsninger, der kan vejlede trafikanterne i forbindelse med trafikøer.

<sup>1</sup> Leica Geosystems er et eksempel på en relevant virksomhed.

<sup>2</sup> Cobhams Satcom-aktiviteter (det tidligere Thrane & Thrane) er eksempel på en relevant virksomhed

## TRANSPORT OG LOGISTIK

Her er problemstillingen dog noget mere kompleks, fordi man er nødt til at planlægge systemet, så man ikke bare får alle trafikanter skræmt til at søge en alternativ rute, der så bliver overbelastet.

### Satellitnavigation kan understøtte roadpricing

Forslag om betalingsring omkring København og andre former for såkaldt roadpricing dukker jævnligt op i den politiske debat. Et af argumenterne for roadpricing er, at betalingen kan tilskynde trafikanterne til en mere hensigtsmæssig adfærd, fordi man kan belønne trafikanter,

der undlader at køre i myldretiden eller vælger alternative ruter, med ingen eller nedsat afgift. Omvendt hævder modstanderne, at det ikke er teknisk muligt at lave en retfærdig ordning. Dette argument bliver sværere at gøre gældende i fremtiden i takt med, at satellitnavigation bliver stadig mere udbredt og pålidelig. Her vil især det europæiske system Galileo gøre det muligt at følge bilerne. Der er dog fortsat brug for omfattende forskning, da systemet i givet fald skal være helt sikkert, så man ikke risikerer problemer med, at afgiften bliver lagt på det forkerte køretøj.

### Anbefalinger til støtte for transport og logistik

Virksomheder, myndigheder og DTU's forskere har i dette kapitel kortlagt perspektivrige muligheder og samarbejder inden for rumbaseret teknologi og tjenester, der kan understøtte udviklingen af transport- og logistikerhvervene. Særligt rederier og søfartsmyndigheder peger i rapporten på en række udfordringer, der markant kan bidrage til dansk vækst og konkurrenceevne. Fx. forventer Mærsk Line, at rederiet kan blive yderligere konkurrencedygtigt ved at udnytte satellitdata til at optimere skibenes sejlruiter og derved spare brændstof og CO<sub>2</sub>-udledning. For at løse en række af disse større samfundsudfordringer, er der behov for tværgående initiativer, der kan samle private og offentlige aktører om opgaven. En oplagt løsning vil være at etablere et samfundspartnerskab i regi af Danmarks Innovationsfond (rapportens anbefaling A).

Løsningen af de udfordringer og opgaver, som er beskrevet i kapitlet, vil kunne skabe vækst og beskæftigelse i danske virksomheder, bl.a. i mange logistik- og IT-virk-

somheder. Behovet for nye rumbaserede teknologier og tjenester vil ligeledes kunne danne afsæt for nye danske opstartsvirksomheder. Dette væsentlige iværksætter-potentiale inden for rumteknologi bør fremmes. Dette kan eksempelvis ske via etableringen af et ESA Business Incubator Center (BIC) i Danmark. Et ESA BIC fungerer som en rugekasse for teknologi-intensive opstartsvirksomheder, som udvikler nye produkter og tjenester til anvendelse uden for selve rumsektoren ("downstream") – hvor netop transport og logistik er et oplagt forretningsområde (rapportens anbefaling B).

Kapitlet illustrerer det store markedspotentiale der er "downstream". Dvs. teknologier og løsninger afledt af de store investeringer i satellitter og rumprogrammer. Danske virksomheder der eksempelvis kan løse nogle af udfordringer som transport og logistikerhvervene har adresseret i kapitlet, er gode eksempler på "downstream"-virksomheder. Rapportens anbefaling F beskriver mulighederne for at fremme dette område – ved at Danmark i højere grad end i dag støtter især europæiske "downstream"-aktiviteter.

Transport og logistik			
	DTU Space	DTU Transport	DTU Compute
Lad havstrømmen hjælpe skibet frem	X	X	X
Hvornår er de nordlige sejlruiter passable	X	X	X
Galileo hjælper skibet til kaj	X		
Fremtidens navigation til søs er elektronisk	X		
Sikre ruter og landinger til luftfarten	X		
Lastbilernes flådestyring er kun i sin barndom	X	X	X
"Hul i vejen om 100 meter"	X	X	
Satellitnavigation kan understøtte road pricing	X	X	

Tabel 2: Tabellen viser, hvilke DTU-institutter, der - alene eller i fællesskab - kan medvirke til løsningen af de udfordringer, som virksomheder og myndigheder har peget på inden for transport og logistik.



### 3. OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSSTØTTE

"Er der døde eller sårede og i så fald hvor og hvor mange? Hvor befinder der sig mennesker, som kan komme i fare? Er der særlige farer man skal være opmærksom på? Hvordan kommer man til området? Og hvor kan man eksempelvis lande med en helikopter – er der for eksempel telemaster eller høje træer, piloten skal passe på? Anvendelse af droner og satellitbaserede tjenester, der kan give os de efterspurgte oplysninger hurtigt, vil være interessant."

*Brian M. Wesselhoff  
Sektionschef ved Nationalt Beredskab i Beredskabsstyrelsen.*

# Vågne øjne i det høje

Den typiske slutbruger af satellitbaseret overvågning og beslutningsstøtte er en offentlig myndighed. Satellitdata bruges allerede i stor grad. Imidlertid har projektet vist, at der er en række områder, hvor nye løsninger kan medvirke til bedre løsning af beredskabsopgaven. Fx efterspørger Beredskabsstyrelsen hurtigt overblik over katastrofeområder samt bedre indendørskommunikation. NaturErhvervstyrelsen efterspørger bedre løsninger til at sikre retfærdig tildeling af arealstøtte til landbruget. Også forsikringsbranchen har dog stor interesse for området, for eksempel når omfanget af skader efter en storm eller et skybrud skal vurderes.

### Bedre styr på ændringerne i landskabet

Geodatastyrelsen (GST) holder øje med Danmarks fysiske landskab. Landet ændrer sig hele tiden. Nogle steder synker jordbunden, andre steder hæver landet sig. Nogle områder tørrer ud, mens andre bliver oversvømmet. Jorden er dynamisk og dertil kommer alle de ændringer, som mennesket direkte forårsager.

”Vi udnytter allerede satellitdata i et vist omfang, men det er højst tænkeligt, at vi kan gøre det væsentligt mere,” siger områdechef Georg Jensen, GST.

”Vi vil gerne have bedre overblik over oversvømmelser efter skybrud. Vi vil gerne kunne se, præcis hvor store oversvømmelserne er, inden vandet forsvinder igen. Oplysningerne kan både bruges til at planlægge beredskabet og til at udvikle modellerne for hvordan vandet bevæger sig i landskabet. Desuden er det interessant at vide, hvor store mængder vand de forskellige jordoverflader i landet er i stand til at opsuge og hvor hurtigt. Her ser vi en mulighed for anvendelse af satellitter.”

Også satellitter, der kan bruges til højdemålinger, har interesse.

”Vi ved, at landet hæver og sænker sig med forskellige hastigheder i forskellige egne. Det følger vi nøje med i ved



hjælp af målinger på jorden og ved hjælp af GPS. Nogle steder kan ændringen være så meget som 8 millimeter årligt. Der er brug for at kunne forudsige, hvordan situationen for eksempel vil være i år 2050. Dette er vigtigt, når man bl.a. planlægger motorveje, renoverer kloakker og inddrager havneområder i byerne. Her kan satellitterne måske få en rolle ved at vise, om vores modeller er rigtige,” siger Georg Jensen.

### Taksatoren er mest effektiv bag skrivebordet

Det er dyrt for forsikringsselskaberne, når deres medarbejdere skal rundt i landet for at vurdere skader. Eksempelvis var der flere end 90.000 skader i forbindelse med storme og voldsomme skybrud i sommeren 2011. Med andre ord er der penge at spare, hver gang taksatoren kan bedømme en sag fra sin pc-skærm.

”Derfor har vi finansieret udviklingen af forsikringsvejret.dk, som er en service for vores medlemsvirksomheder og forsikringskunderne. Her kan sagsbehandleren og kunderne slå en adresse op og se, om der har været storm, lyn eller kraftigt skybrud på det pågældende sted,” siger underdirektør Torben Weiss Garne, Forsikring & Pension.

På sin vis er forsikringsvejret.dk allerede en udnyttelse af rumteknologien, idet DMI leverer systemets vejrdato, der i høj grad er baseret på meteorologiske satellitter.

”Os bekendt er Danmark det eneste sted i verden med et sådant system. Det vil være interessant for os, hvis der kan udvikles nye eller forbedrede tjenester baseret på data fra satellitter, der kan gøre systemet endnu bedre,” siger Torben Weiss Garne og uddyber:

”Bare fordi, det har regnet kraftigt et sted, behøver der jo ikke være tale om en oversvømmelse. Her vil det være interessant, hvis satellitdata kan give os mere præcise data.

## OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSSTØTTE

For stormordningen kunne det formentlig være gavnligt at kunne se jordbundens fugtighed for at afgrænse det skadede område.”

For stormordningen, der er offentlig, vil der også kunne tænkes besparelser, mener Torben Weiss Garne:

”Ordnningen dækker skader forårsaget af stormflod eller oversvømmelser fra åer og søer, samt stormfald – også kaldet fladefald af træer. Her afhænger erstatningen for oprydning og genplantning af en vurdering, når stormen har væltet træer. I dag bruger man i høj grad fly til at fotografere de ramte områder. Her kan satellitfotos måske være et billigere alternativ. Et tredje eksempel er haglskader på rapsmarker. Et fjerde er fotos, der kan vise beskadigede tage.”

Ved denne type skadesvurderinger er det typisk tjenester inden for jordobservation, der er relevante. Torben Weiss Garne mener dog også, at tjenester baseret på satellitnavigation kan være særdeles interessante for branchen:

”Nogle forsikringskunder sporingsmærker allerede deres ejendele i samarbejde med vores medlemsvirksomheder. Det drejer sig om produkter af høj værdi som biler, smykker, arkitekttegnede møbler og lignende. Det vil være interessant at kunne følge produkternes position, ikke mindst fordi mange af dem erfaringsmæssigt transporteres ud af landet typisk med kurs mod Østeuropa. Ved biler og lastbiler findes der allerede gode sporingssystemer.” Sporingsmærkerne har dog fortsat deres børnesygdomme.

”Mærkerne er lidt for dyre i sig selv, og det er for let at fjerne dem. Men stykprisen vil falde i takt med, at flere efterspørger mærkerne, og samtidig forskes der intensivt i at indlejre mærkerne så godt i produkterne, at de bliver praktisk taget umulige at fjerne. Det vil øge udbredelsen af mærkning, og dermed vil efterspørgslen efter satellitbaserede tjenester, der kan understøtte sporingen, formentlig også stige,” siger Torben Weiss Garne.

### Retfærdig arealstøtte til landbruget

Landmænd får EU-støtte, som afhænger af deres dyrkbare arealer og hvilke afgrøder, de dyrker. NaturErhvervsstyrelsen har ansvaret for at kontrollere landmændenes indberetninger. Det er en krævende opgave, så effektive satellitbaserede løsninger er velkomne.

”Hvis vi udbetaler for meget støtte til landmændene, skal vi efterfølgende tilbagebetale det beløb til EU, som EU vurderer, der er udbetalt for meget. Dertil kommer den ekstra administration, der skal udføres dels hos os selv, dels i EU. Med andre ord er der penge at spare både for os selv og for samfundsøkonomien, hvis en satellitbaseret tjeneste kan sikre, at man rammer rigtigt med støttebeløbet første gang,” forklarer enhedschef Peter Eigaard, Center for Kontrol, NaturErhvervsstyrelsen.

Den hyppigste årsag til, at styrelsen udbetaler for meget støtte, er, at arealer hos landmanden, der ikke er berettiget til støtte, bliver talt med i indberetningen. Det kan for eksempel være arealer, der er groet til med ikke-støtteberettigede planter, eller det kan være vandhuller,



## OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSSTØTTE

læhegn, jordveje, bygninger, eller arealer, der er fyldt op med skrammel. NaturErhvervsstyrelsen har ca. 80 medarbejdere til at kontrollere indberetningerne, hvoraf ca. 60 tager ud for at inspicere forholdene ude i landet.

Medarbejderne udnytter allerede to systemer til satellitnavigation, amerikanske GPS og russiske Glonass.

”Vi forventer, at det europæiske Galileo-system kommer til at give større nøjagtighed. Samtidig vil de problemer, som vi i dag har med dårlig modtagelse ved læhegn og lignende steder, formentlig blive løst,” siger Peter Eigaard og tilføjer, at en kombination med jordobservation i Copernicus-systemet vil være yderligere interessant:

”Vi bestiller årligt fly-fotografering, blandt andet for at kontrollere de arealer, der ikke er berettiget til støtte. Hvis jordobservations-satellitter kan løse denne type opgaver lige så godt og billigere, vil det være interessant.”

Af samme årsag deltager NaturErhvervsstyrelsen i brugergruppen bag Copernicus. På længere sigt kan Peter Eigaard forestille sig flere opgaver løst fra rummet:

”Vi skal også kontrollere landmændenes indberetninger af, hvor mange dyr de har, lige som der eksempelvis er

regler om, at græs skal holdes kortere end 40 centimeter på visse skæringsdatoer. Hvis man kan se den slags ud fra jordobservation, så vil det absolut være interessant.”

### Overvågning af de arktiske farvande

I forvejen er det en stor udfordring at holde styr på skibsfarten i farvandet omkring Grønland og Færøerne, og den øgede afsmeltning af den arktiske havis gør bestemt ikke opgaven mindre. Derfor følger Arktisk Kommando (AKO) med hovedkontor i Nuuk intensivt med i udviklingen inden for satellitbaserede tjenester.

”Højst på vores ønskeseddel står et system, der enkelt kan overvåge al skibstrafik i de grønlandske farvande,” siger orlogskaptajn Michael Hjorth, chef for AKO's operationsafdeling.

I det nuværende system, som hedder Greenpos (Green for Greenland og Pos for positionering), skal alle skibe, der sejler ind i grønlandsk farvand melde sig ind ved at sende en sejlplan. Herefter skal de sende en positionsmelding fire gange i døgnet, indtil de er i havn eller forlader grønlandsk farvand. Meldingerne kommer enten via telefon, via fax, via mail eller via radiosystemet Sat-C. Desuden bruger AKO i samarbejde med Søfartsstyrelsen data fra en række uafhængige systemer, dels for at opdage

	A.P. Møller - Mærsk	Alli Greenland	Arktisk Kommando	Beredskabsstyrelsen	COWI	Dep. for BJT	DHI (GRAS)	DMU	DONG	FHT	Forsikring og Pension	Grønlands Lufthavn	GST	Hofor	KK - Geotermik	NaturErhvervsstyrelsen	NIRAS	Reberforeningen	Royal Arctic Line	Søfartsstyrelsen
<b>Overvågning og beslutningsstøtte</b>																				
<b>1. Beredskab, forsvar- og forsyningsopgaver</b>																				
Overvågning af skibes position, herunder fx pirattracking			X														X		X	
Search and Rescue (SAR)		X	X						X											
Kommunikation i polare egne	X		X								X						X			
Miljøovervågning i polare egne, herunder af oliespild i havis			X	X	X				X											
Vurdering af risiko for brand ved tørke vurderet mod befolkningstæthed (meget relevant u/f DK)				X																
Monitorering af oversvømmelsers reelle udbredelse										X		X	X	X						
Sneddydemåling til vandkraft						X														
Forbedring af indendørsnavigation				X												X				
Tjeneste, der giver information om spaceweather									X											
Kortlægning og monitorering af havis, isbjerge, isskoster og sort is (smeltevandsis) i Arktis	X			X		X	X									X	X	X		
<b>2. Myndighedsopgaver indenfor arealstøtte og miljøovervågning</b>																				
Kontrol af indberetning til arealstøtte, græshøjde og husdyrantal															X					
Overvågning af beskyttede naturtyper (§3), ukrudt				X	X											X				
Klass. af overflader ift. nedslivningspotentiale											X	X	X							
Overvågning af kystudvikling og vandstand ved kyster fx til havne- og brobyggeri				X	X											X				
Satellitmålinger til hydrologisk model i fx Afrika, Bangladesh m.fl.																X				
Forbedret position ved læhegn o.a. høje elementer												X	X							
<b>3. Landbruget</b>																				
Løsninger til precision farming															X					
Vurdering af kunstvandingsbehov i storskala, fx i Kina						X														
<b>4. Forsikringsbranchen</b>																				
Kortlægning af udbredelsen af en oversvømmelse samt måling af vandstandshøjden ved stormfloder										X	X	X								
Dokumentation på stormskader, fx tagskader, stormfald (væltede træer) og skader på afgrøder				X						X										
Løsninger til sporing af gods og stjålne effekter										X										

Tabel 3: Tabellen viser de behov, som virksomheder og myndigheder har rejst til nye eller forbedrede løsninger til overvågning og beslutningsstøtte.



## OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSTØTTE

skibe, der ikke melder sig til Greenpos, dels for at kunne kontrollere, at de afgivne oplysninger er korrekte.

”I stedet kunne vi ønske os, at alle skibe, der sejler ind i grønlandsk farvand, automatisk fik en meddelelse fra os om reglerne for sejlads i Grønland. Meddelelsen skulle samtidig være en tjekliste, der præciserer, hvilke oplysninger, skibet skal afgive. Det kunne både spare mange mandetimer hos os og samtidig styrke sikkerheden for skibsfarten,” siger Michael Hjorth.

Overvågningen af skibsfarten har to formål. Dels at understøtte sikkerheden for sejladsen – og dermed også værne det arktiske miljø mod olieudslip fra kollisioner og andre ulykker – dels at hævde Kongerigets suverænitet. For at kunne påberåbe sig suverænitet over et givent territorium må et land være i stand til at opdage systematiske krænkelse af suveræniteten og reagere på dem.



I den forbindelse holder AKO jævnligt øvelser i samarbejde med grønlandsk politi, sundhedsvæsen, Søfartsstyrelsen og andre beredskabsmæssige aktører. Her er kommunikationen mellem de forskellige enheder ofte et stort problem.

”Nord for den 72. breddegrad dækker de geostationære kommunikationssatellitter ikke. Til gengæld dækker satellitsystemet Iridium, men det er ikke perfekt. Dels er dækningen dårlig inde i fjordene, dels er systemets båndbredde lille. Det betyder, at vi ikke kan bruge systemet til at overføre billeder og andre større datamængder,” siger Michael Hjorth.

”Ideelt set skulle man have kommunikationssatellitter, der dækker det arktiske område. Alternativt kunne man måske anbringe relæstationer på fjeldtoppene til forbedring af de nuværende modtageforhold.”

Endelig ser AKO en række muligheder for at udnytte jordobservation i forbindelse med fiskeriinspektion, overvågning af oliespild i havene og mange andre opgaver.

”Helt grundlæggende er fordelene ved at anvende satellitter i Arktis, at de kan opfylde strategiske og operationelle behov for overvågning og kommunikation i vidtstrakte områder, som det ikke er muligt at dække med land-baseret infrastruktur. Dermed kan satellitter bidrage væsentligt til at effektivisere Forsvarets opgaveløsning,” slår Michael Hjorth fast.

### Hurtigt overblik over ulykkes- og katastrofeområder

Beredskabsstyrelsen kan indsættes overalt i landet i tilfælde af store natur- og menneskeskabte ulykker og katastrofer af national karakter, herunder som følge af voldsomt vejr og terror. Desuden fungerer styrelsen som en beredskabskapacitet i særlige situationer, eksempelvis ved store internationale begivenheder på dansk grund eller som støtte til andre beredskabsaktører mv.

”I sagens natur indtræffer de voldsomme begivenheder uden varsel og ofte på uforudsete steder. Det er vigtigt for os hurtigt at få overblik over situationen,” forklarer Brian M. Wesselhoff, sektionschef ved Nationalt Beredskab i Beredskabsstyrelsen.

”Er der døde eller sårede og i så fald hvor og hvor mange? Hvor befinder der sig mennesker, som kan komme i fare? Er der særlige farer man skal være opmærksom på? Hvordan kommer man til området? Og hvor kan man eksempelvis lande med en helikopter – er der for eksempel telemaster eller høje træer, piloten skal passe på? Når der er sket et stort oliespild i det kystnære farvand, skal

## OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSSTØTTE

det overvejes, hvorledes det er muligt at komme til kysten med entreprenørmaskiner mv.”

Derfor er der brug for værktøjer, som kan give Beredskabsstyrelsen et hurtigt overblik over situationen. Det sker i dag typisk ved at sende folk ind i området. I fremtiden kunne man forestille sig, at der anvendes kørende eller flyvende droner.

”Anvendelse af droner og satellitbaserede tjenester, der kan give os de efterspurgte oplysninger hurtigt, vil være interessant. Desuden er vi interesserede i tjenester, der understøtter informationsdelingen imellem de involverede enheder ” siger Brian M. Wesselhoff.



## Løsninger og udviklingsmuligheder for området

### Rumteknologiens bidrag til overvågning og beslutningsstøtte

På baggrund af de udfordringer og muligheder, som virksomheder og myndigheder har peget på under projektet, har DTU's forskere peget på emneområder, hvor forskning indenfor rumteknologien kan bidrage. Inden for området ”Overvågning og beslutningsstøtte” ser DTU's forskere en række løsninger og udviklingsmuligheder, som adresserer de problemstillinger, som myndigheder og virksomheder har fremhævet.

### Kortlægning af skibe på havet

Arktisk Kommando og rederibranchen efterspørger overvågning af skibstrafikken i et farvand fra satellitter. Teknisk set er det inden for rækkevidde. For eksempel leverer flere europæiske og nationale satellitter til jordobservation billeder i så høj opløsning, at man kan skelne større skibe på billederne.

Der er dog stadig udfordringer. I sagens natur vil opgaven blive sværere, jo mindre skibe, man ønsker at kunne overvåge. Samtidig kan det drille at se forskel på isbjerger og skibe. I alle disse tilfælde vil det kræve samarbejde med forskere og/eller private leverandører at finde de bedst mulige løsninger for den pågældende myndighed.

Udfordringerne ligger i at udvikle robuste og automatiske metoder til sikker opdagelse af skibe, for eksempel fra radarsatellitter, hvor flere typer af radarbilleder vil være til rådighed, og hvor skibstyper og andre objekter kan være vanskelige at skelne fra hinanden.

### Automatisk bearbejdning af satellitdata

En særlig problematik er mulighederne for at automatisere detekteringen af interessante objekter på billederne. I dag baserer langt de fleste former for overvågning sig på, at medarbejdere sidder med billederne foran sig. Men i takt med, at vi får adgang til stadig flere billeder, vil det være ønskeligt med automatisering – i det mindste som en støtte, så medarbejderen ikke behøver se hele materialet igennem. Igen vil det kræve forskning at nå frem til pålidelige systemer til automatisk behandling af store mængder billedmateriale. Denne problematik gælder i forbindelse med overvågning af skibstrafikken i Arktis, men også for mange andre typer af satellitbaserede løsninger. Et andet eksempel er opdagelse af oliespild til søs. Et tredje eksempel er kortlægning af udbredelsen af havis, hvor åbning af flere sejlruiter i Arktis vil øge behovet for den geografiske dækning af havis-information og dermed øge behovet for automatisk eller halvautomatisk generering af havis-information.

Forskere på DTU Space og DTU Compute har mange års erfaring med at udvikle metoder til automatisk detekte-



ring og klassifikation af objekter i satellitbilleder, eksempelvis metoder til automatisk kortlægning af havis og isbjerge. Der eksisterer allerede et samarbejde med DMI, så udviklingen sker i tæt samarbejde med slutbrugeren.

### Redningstjenester

Når et skib kommer i havsnød eller der sker en ulykke, har myndigheden med ansvaret for redning to umiddelbare behov. For det første at få positionen nøjagtigt bestemt, og for det andet at få overblik over forholdene i området. Galileo får en tjeneste, som er skræddersyet til behovene i forbindelse med redning. Blandt andet får satellitterne en særlig kommunikationskanal, som redningsmyndigheder kan betjene sig af. Ikke mindst i det arktiske område er udfordringerne imidlertid særligt store i betragtning af de store, øde havområder og de ofte barske landskabs- og vejrmæssige forhold. Derfor vil det være oplagt at supplere Galileo-tjenesten med data fra jordobservations-satellitter for at skabe et bedre udgangspunkt for redningsaktionen. Dette vil kræve forskning og udvikling.

### Når redningsfolk kommunikerer i bygninger

De forskellige danske myndigheder, som er involveret i forbindelse med katastrofer, har et fælles kommunikationssystem, SINE. Ud over at tillade indbyrdes tale-kommunikation giver systemet mulighed for udveksling af data, herunder GIS (Geografiske Informations Systemer), så de forskellige deltagere i aktionen kan stille kort-informationer til rådighed for hinanden. Desuden bliver deltagernes positioner fastslået med GPS, så man umiddelbart kan se både sin egen og de øvriges positioner. Denne del af systemet fungerer imidlertid kun udendørs. Internationalt er der stor bevågenhed omkring udvikling af tilsvarende systemer, der også kan levere ”indendørs GIS”. På den måde kan eksempelvis en brandmand, der står i en høj, røgfylt bygning, hele tiden have styr på sin egen position og samtidig løbende få kort, der viser de nære omgivelser. Sådanne systemer findes endnu ikke, men med Galileo-systemet bliver mulighederne for at skabe dem stærkt forbedret. Satellitterne sender simpelthen med større effekt i forhold til GPS, og derfor vil signalet kunne modtages indendørs.

### Varsling af risiko for skovbrand

Ud fra infrarøde og nær-infrarøde (NIR) optagelser samt målinger i mikrobølgeområdet fra satellitter kan man se landområder, der er tørret ud og som dermed vil være særligt følsomme, hvis der opstår brand. Det vil dog kræve forskning at forfine metoden, så man kan udpege specifikke skove, heder og andre naturområder i særlig stor risiko i Danmark. For organisationer og virksomheder, som er aktive i lande, hvor man har særligt store problemer med skovbrande, kan den nuværende

detaljeringsgrad være interessant. Den europæiske rumfartsorganisation ESA driver allerede et projekt for satellitbaseret overvågning af skovbrande i udbrud. Projektet er baseret på data fra eksisterende satellitter. Der er desuden overvejelser om at opsende en dedikeret europæisk satellit til formålet. Både DTU Space og DTU Miljø har erfaring med at bestemme jordfugtighed og vegetationsparametre fra aktive og passive mikrobølge-instrumenter.

### Fastlæggelse af oversvømmelsers udbredelse

Når et område rammes af en oversvømmelse, er omfanget interessant af flere grunde. I forsikringsbranchen vil man gerne kende omfanget af hensyn til behandlingen af kundernes skadesanmeldelser. I kommuner og hos forsynings-selskaber vil man gerne kunne planlægge beredskabet bedre i forhold til at forebygge fremtidige oversvømmelser. Beredskabet bygger i høj grad på modelberegninger. Derfor må man naturligvis ikke lade lejligheden gå fra sig for at efterse, om modellen var korrekt, når der rent faktisk indtræffer en oversvømmelse. Satellitter til jordobservation er gode til at give billeder, hvor man kan skelne oversvømmede områder fra tørre områder. Man skal dog være heldig for, at der lige kommer en satellit forbi, når oversvømmelsen er på sit højeste. Ofte er nogle timers forsinkelse dog acceptabel, og med de kommende europæiske Sentinel-satellitter bliver chancerne for at kunne leve op til dette markant forbedret. Satellitterne kan i øvrigt også påvise, om jordbunden har forøget fugtighed. Dette fungerer især godt for områder på landet, men kræver fortsat udvikling, hvad angår byområder. Som et supplement til satellitterne kan man overveje at udvikle ubemandede fly, droner, til formålet. Syntetisk apertur radar (SAR) kan vise et stort område, der er oversvømmet på det tidspunkt, hvor satellitten passerer. Sådanne data kan også bidrage med information om fugtighed i jordbunden. DTU Space og DTU Miljø har erfaring med at benytte disse data til sådanne formål.

### Målinger af vandindholdet i sne

Mange steder i verden har det stor interesse at vide, hvor meget vand, sneen rummer. Det gælder for eksempel i Asien, hvor de hvidklædte tinder i Himalaya udgør kilden til forsyningen med vand til en række af verdens største floder, som igen forsyner nogle af klodens tættest befolkede områder med vand. Flere danske rådgivere er aktive i disse områder. Satellitobservationer i det synlige område af det elektromagnetiske spektrum vil kunne bidrage til at bestemme udbredelsen af snedækkede områder. Mikrobølgesensorer, både aktive og passive, kan give data, som man sandsynligvis kan bruge til at bestemme vandindholdet i snedækket. LOTUS-projektet, som DTU er projektleder for<sup>3</sup> skal understøtte udviklingen af Co-

<sup>3</sup> LOTUS står for 'Preparing Land and Ocean Take Up from Sentinel-3', er et FP7-støttet projekt. Foruden DTU deltager DHI fra Danmark, foruden forskere fra Spanien, Frankrig og Storbritannien.









pernicus ved at udvikle nye metoder til at bruge data fra satellitter til at overvåge oceaner og land. Lotus har fokus på den satellit, der hedder Sentinel-3. De instrumenter der er i Sentinel 3 giver mulighed for at måle snedybde. For at få en præcis viden om vandindholdet i sneen, har man behov for at kende waterequivalens. Sentinel-1 vil formentlig måle denne. Forskning der kobler disse data vil være særdeles interessant. Her vil DHI formentlig være en oplagt samarbejdspartner.

### Vejrudsigter for rummet

Ganske vist er der ingen roterende lavtryk i rummet, men alligevel giver det mening at interessere sig for de skiftende vejrforhold i nærheden af Jorden, for forholdene har blandt andet betydning for pålideligheden af elektriske installationer, herunder forsyningssikkerheden med hensyn til satellitnavigation og kommunikation. Det er især variationer i strømmen af elektrisk ladede partikler fra Solen, den såkaldte solvind, der giver anledning til ustandigt rum-vejr. Særligt omkring polerne, hvor der er hul i magnetfeltet er man udsat for atmosfæriske forstyrrelser. Hvis man kan forudsige de atmosfæriske forstyrrelser, kan man beskytte systemerne. DTU Space medvirker allerede i driften af et europæisk system af jordbaserede magnetiske målestationer, som blandt andet holder øje med solvindens styrke, og som derfor er med til at danne grundlag for rummets vejrudsigter. I øvrigt bliver det europæiske Galileo-system sikret bedre mod forstyrrelser forårsaget af rum-vejret i forhold til GPS-satellitterne. Hvis forskningen imidlertid skal gøres anvendelig for myndigheder og virksomheder, er der behov for flere midler til området. Her ville en oplagt samarbejdspartner være en Satcom-virksomhed.

### Overvågning af natur og landbrug

Myndigheder som NaturErhvervStyrelsen benytter allerede satellitbaserede tjenester, men der er utvivlsomt mulighed for at gøre det i langt større omfang. Hvad enten man ønsker at have styr på, hvilke afgrøder, landmændene dyrker på hvilke arealer, eller man vil overvåge fredede naturområder, følge udbredelsen af ukrudt, eller se højden af græs på bestemte tidspunkter, så er den grundlæggende problematik i forhold til brug af satellitter den samme: det gælder om at kunne klassificere forskellige typer af overflader ud fra de optagelser, som satellitterne foretager. I nogle tilfælde vil der allerede være tjenester, som dækker det pågældende formål. I andre tilfælde vil en myndighed med fordel kunne alliere sig med en IT-virksomhed eller anden privat udbyder. Endelig vil der være opgaver, hvor det kræver forskningssamarbejde at finde den optimale løsning, fx vil hyppige radardata fra Copernicus kunne give en oversigt over afgrødeudviklingen, der kan give ny viden om afgrødetyper. Forskere på DTU Space og DTU Compute har stor erfaring i at klassificere satellitbilleder til forskellige formål, og de vil endvidere kunne rådgive om den rigtige måde at organisere det videre arbejde.

### Hvor land og hav mødes

Der foregår et stadigt tovtrækkeri mellem vand og land, som forrykker kyststrækningernes præcise beliggenhed. Nogle steder æder havet sig ind i landet, mens kysten andre steder lades uforstyrret eller ligefrem vinder terræn på grund af særlige strømforhold og transport af materiale andre steder fra. I dag fastlægges kystlinjen ved hjælp af landbaserede lasermålinger på udvalgte strækninger. Det er måske den bedste måde i dag, men det er oplagt, at optiske sensorer fra oven vil blive fremtidens

## OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSTØTTE

metode. Det kan dog udmærket tænkes, at droner eller fly vil kunne løse opgaven endnu bedre, eventuelt med data fra satellitter som supplement. Opgaven med at løse denne udfordring vurderer DTU Mekanik bør ske i et tæt samarbejde med andre relevante aktører, bl.a. Kystdirektoratet og DHI. Aftager af løsninger vil være myndigheder som fx kommuner eller forsikringsbranchen.

### Vand til en tørstende verden

Mange steder ude i verden er danske rådgivere og konsulenter med til at kortlægge vandressourcerne. Mens vi herhjemme har kortlagt vandressourcen systematisk i mere end 100 år, er oplysningerne langt mere sparsomme i de fleste andre lande. Desuden kan det forekomme, at naturlige forhindringer som tæt skov eller utilgængeligt terræn, eller menneskeskabte problemer som borgerkrig gør det praktisk umuligt at opstille landbaseret måleudstyr. Den europæiske satellit SMOS, hvor DTU Space har medvirket ved design af instrumentet, er i stand til at måle jordbundens fugtighed. Satellitten giver et relativt grovkornet billede, men flere andre satellitter medfører radar-sensorer, der er i stand til at forfine billedet. Med højdemålinger fra

satellitter kan mængden af vand i floder og søer overvåges. DTU Space og DTU Miljø har erfaring med bestemmelse af jordfugtighed fra sådanne sensorer samt med at bestemme højden af vandstanden i søer og floder.

### Bedre satellitposition til folkene i marken

Når medarbejdere fra kommunernes miljøafdelinger, statslige styrelser eller andre dele af forvaltningen drager rundt i landet for at kortlægge fysiske forhold eller som led i sagsbehandlingen, er det en stor lettelse for dem at kunne fastlægge deres position med et tryk på en knap. Det sker i dag med GPS. Det europæiske Galileo-system vil fremover give positionen væsentligt mere nøjagtigt. Samtidig betyder den større styrke af Galileo-satelliternes signaler, at det bliver muligt at fastslå positionen på steder, hvor GPS i dag har problemer. Det kan for eksempel være i byrum med høje bygninger, der skygger for satellitsignalerne, eller det kan være under høje træer, læhegn og lignende i det åbne land. Der forventes at komme en betydelig industri, som tilbyder apps og andre skræddersyede løsninger med udgangspunkt i Galileo-signalerne.









## OVERVÅGNING OG BESLUTNINGSSTØTTE

### Støtte til det præcise landbrug

I det meste af verden støtter landmænd og landbrugs-konsulenter sig til tommelfingerregler for, hvor meget vanding og kunstgødning planterne skal have og hvornår. Men måske behøver det ikke være sådan. For eksempel er det teknisk muligt at overvåge jordbundens fugtighed fra satellit, så man kun behøver at kunstvande i det omfang, det faktisk er nødvendigt. Tilsvarende kan man se, om planterne er i vækst og trivsel, så man har et bedre grundlag for at disponere anvendelsen af kunstgødning. Generelt bliver mulighederne for denne type overvågning markant forbedret, når de nye europæiske

Sentinel-satellitter sendes op som en del af Copernicus-programmet. Det skyldes især, at områderne overflyves oftere. Typisk kan brugerne regne med minimum en overflyvning per døgn. Desuden vil udviklingen inden for ubemandede fly, droner, uden tvivl være interessant i forhold til mange typer overvågning af nytte for landbruget. Forskere på DTU Space arbejder med at forbedre og vurdere metoder til klassifikation af radardata til bestemmelse af afgrødetyper. Derudover har forskere på DTU Compute og DTU Miljø erfaring med brug af satellitdata til formål, der er relevante for det præcise landbrug.

### Anbefalinger til støtte for overvågning og beslutningsstøtte

Virksomheder, myndigheder og DTU's forskere peger på, at der umiddelbart kan igangsættes en række projekter og samarbejder, der kan understøtte brugen af rumteknologi til at løse opgaver inden for overvågning og beslutningsstøtte. Imidlertid er der også behov for mere tværgående initiativer. Af særlig interesse for overvågning og beslutningsstøtte vil være en dialog om brug af rumbaserede tjenester hos danske myndigheder. Nogle af udfordringerne kan løses uden yderligere forskning, mens andre opgaver som fx automatisk bearbejdning af satellitdata, indendørskommunikation samt fastlæggelse af oversvømmelsers udbredelse vil kræve et samarbejde mellem myndigheden, forskning og en virksomhed. I mange tilfælde er de underliggende rumteknologiske løsninger i virkeligheden ganske tæt beslægtede, selvom der er tale om overvågning eller beslutningsstøtte af vidt forskellig art. Det betyder, at de relevante myndigheder

ofte kan opnå væsentlige stordriftsfordele ved at slå sig sammen og rette en fælles henvendelse til forskningsmiljøet og til mulige leverandørvirksomheder. Rapporten anbefaler derfor, at der igangsættes en dialog om brug af rumbaserede tjenester hos danske myndigheder (rapportens anbefaling D).

Som det også er beskrevet i kapitlet, er der ingen tvivl om, at rumteknologi har potentiale for at understøtte overvågning og beslutningsstøtte i langt højere grad, end det sker i dag. Det betyder, at de relevante myndigheder inden for få år vil få behov for flere medarbejdere med kompetencer inden for området. Desuden vil der være et afledt behov for flere medarbejdere med rumteknologiske kompetencer hos virksomheder, der er leverandører til myndighederne. Rapporten anbefaler derfor, at de danske vidensinstitutioner forbereder sig på efter- og videreuddannelse inden for rumteknologi, der ikke udbydes i dag (rapportens anbefaling G).

### Overvågning og beslutningsstøtte

	DTU Space	DTU Compute	DTU Miljø	DTU Elektro	DTU Man. Eng.	DTU Byg	DTU Mekanik
Kortlægning af skibe på havet	X	X					
Automatisk bearbejdning af satellitdata	X	X					
Redningstjenester	X			X			
Når redningsfolk kommunikerer i bygninger	X				X	X	
Varsling af skovbrand	X	X	X				
Fastlæggelse af oversvømmelsers udbredelse	X	X	X				
Målinger af vandindholdet i sne	X		X				
Vejrudsigter for rummet	X						
Overvågning af natur og landbrug	X	X					
Hvor land og hav mødes	X						X
Vand til en tørstende verden	X						X
Bedre satellitposition til folkene i marken	X						
Støtte til det præcise landbrug	X	X	X				

Tabel 4: Tabellen viser, hvilke DTU-institutter, der - alene eller i fællesskab - kan medvirke til løsningen af de udfordringer, som virksomheder og myndigheder har peget på inden for overvågning og beslutningsstøtte.

## 4. FYSISK PLANLÆGNING OG ENTREPRENØROPGAVER

“Her i Danmark er vindressourcerne ganske godt kendte, men mange steder i verden starter man fra et væsentligt svagere udgangspunkt med hensyn til data. Her kunne satellitdata være en måde at få et hurtigt overblik. På den måde kan man begrænse opsætningen af måleudstyr, som er bekostelig, til de mest lovende områder.”

*Miriam Marchante Jiménez  
Principal Specialist, Wind Assessment & Measurement, DONG Energy*

# Stærke værktøjer til entreprenører og rådgivere

Entreprenører, rådgivende ingeniører og myndigheder med ansvar for miljø og fysisk planlægning er blandt de oplagte brugere af satellitbaserede tjenester, der understøtter fysisk planlægning. Rambøll, COWI, Grontmij og NIRAS er store spillere på det internationale marked for rådgivende ingeniører. Virksomhederne i branchen udnytter allerede flydata i vidt omfang, men det er sandsynligt, at satellitbaserede ydelser vil være konkurrencedygtige i mange sammenhænge. For eksempel er det oplagt at udnytte jordobservation i forbindelse med planlægning af større anlægsprojekter som vindmølleparker, broer og tunneller. Også satellitnavigation vil være interessant, eksempelvis til at holde styr på entreprenørmaskiner, køretøjer og materialer i forbindelse med store anlægsprojekter. Et særligt område er Grønland, hvor det formentlig kun er et spørgsmål om tid, før sikring af forsyninger af bl.a. sjældne jordarters metaller vil gøre det kommercielt interessant at starte minedrift. Her kan data fra satellitter være en god måde at skabe overblik over de ofte afsides beliggende områder, hvor man i givet fald skal anlægge miner og tilhørende infrastruktur.

### Styr på bjørneklo og Femern-forbindelsen

Som rådgivende ingeniører er NIRAS allerede i dag vant til at se tingene fra oven. Branchen bruger nemlig i høj grad flyfotos i forbindelse med miljøovervågning, planlægning af større entreprenørarbejder og lignende.

”Alt, hvad man kan gøre fra et fly, vil vi gerne gøre fra en satellit, hvis det vel at mærke kan svare sig økonomisk,” siger chefkonsulent Mikkel Wendelboe Toft, NIRAS (pr. april 2013 ansat i Intergraph).

For eksempel overvåger rådgiverne naturen på vegne af en række danske kommuner.

”Det kan dreje sig om alt fra at have styr på udbredelsen af bjørneklo til at kontrollere, om landmænd overtræder reglerne for, hvor tæt på et fredet naturområde, de må pløje,” forklarer Mikkel Wendelboe Toft.

”Tilsvarende bistår vi NaturErhvervsstyrelsen med at sikre, at landmændenes arealstøtte udbetales på et korrekt grundlag. Hvis satellitbaserede tjenester kan understøtte denne type overvågning bedre end de nuværende løsninger, vil vi bestemt være meget interesseret.”

Også ved planlægningen af større entreprenørarbejder er der brug for data, som satellitter i princippet kan levere:

”I den forbindelse er det ikke kun arealerne, der er interessante, men også højdeforholdene samt jordbunden, geologien, nedgravede ledninger med videre. En radarbaseret opdateret højdemodel, der inddrager disse for-



hold, så man kan bruge den til at planlægge kommende infrastruktur, vil være særdeles interessant,” siger Mikkel Wendelboe Toft.

”Tilsvarende vil det være interessant at have overblik over alle maskiner og materiel, der er i aktion i forbindelse med et stort anlægsprojekt som Femern-forbindelsen. På den måde kan man sikre sig, at nye maskiner og materialer automatisk styres de rigtige steder hen allerede ved leveringen.”

Endelig leverede NIRAS i 2012 digital kortlægning til 48 danske kommuner samt til BaneDanmark og Vejdirektoratet.



## FYSISK PLANLÆGNING OG ENTREPRENØROPGAVER

”Disse kortlægninger er baseret på traditionel flybaseret fotogrammetri og laserscanning,” siger teamchef Laurids Rolighed Larsen, NIRAS Mapping.

”Hertil kommer Grønland, hvor vi også er meget aktive, og hvor man mange steder kun har sparsom adgang til opdaterede data for arealanvendelse og højdemodeller. Vejrlig og afstande mellem projektområder og lufthavne i Grønland giver særlige udfordringer for flybaseret kortlægning, hvorfor satellitbaseret kortlægning – afhængig af opgavens specifikation og geografiske beliggenhed – altid vil være ekstra relevant at overveje.”

### Support til fremtidens grønlandske minedrift

Sjældne jordarter, guld og jern er blot nogle af de råstoffer, som Grønlands undergrund gemmer på, og adskillige mineselskaber har da også vist interesse for landet i de seneste år. Det stiller nye krav til, hvilke informationer Selvstyret ønsker om landskabet.

”Vi ved jo, at mulighederne for at anlægge infrastruktur har stor betydning for f.eks. mineselskabernes vilje til at investere. I den forbindelse er det nyttigt for os at kunne udpege de bedste steder at anlægge dels selve minerne, dels den tilhørende infrastruktur. Er der for eksempel områder, hvor det er nemt at komme til, hvor man kan anlægge en landsby. Her kan optagelser fra satellit omsat

til 3D-kort, f.eks. vist via NunaGIS være et nyttigt redskab,” siger projektleder Aviaja Sinkbæk, Departementet for Boliger, Infrastruktur og Trafik, Selvstyret.

Selvstyret har i forvejen systemet NunaGIS (Nuna for Grønland og GIS for Geografiske Informations Systemer).

”Men vi er altid interesserede i at forbedre systemet og indlægge nye funktioner. Desuden kommer der gradvis nye isfrie landområder til, som vi gerne vil have ind i systemet,” siger Aviaja Sinkbæk, som er ansvarlig for NunaGIS i departementet.

Ud over ved anlæg af nye miner vil det også være relevant at benytte satellit-overvågning ved olieefforforskning offshore samt i forbindelse med anlæg af nye havne. Endelig planlægger Selvstyret at gennemføre en detaljeret kortlægning af Grønlands eksisterende havne.

### Støtte til sagsbehandlingen i Københavns Kommune

Som alle andre kommuner har Københavns Kommune behov for at vurdere forskellige fysiske forhold som led i den almindelige sagsbehandling.

”Det kan eksempelvis dreje sig om beplantningstilstand, arealanvendelse eller byggeriets tilstand. Her bruger

	FHT	Grønlands Lufthavne	GST	KK - Center for Trafik	NIRAS	Rederiforeningen	Royal Arctic Line	Søfartsstyrelsen
<b>Fysisk planlægning og entreprenøropgaver</b>								
<b>1. Kort til fysisk planlægning, mine- og havneprojekter</b>								
Nem adgang til generel højdemodel for hele verden, fx baseret på Copernicus		X						X
Simpel overflademodel i 3D	X	X						
Mapping af havne og havneanløb		X	X					
Højdemodel med kortlægning af jordbund, geologi, ledninger m.m. til projekteringsopgaver		X	X		X			
Bathymetrisk opmåling fra luften til projekteringsopgaver								X
Fleksibel håndtering af store datamængder, fx fra punktskyen					X		X	
Kortlægning af landcover og terrænhøjder mhp. kortlægning af vindresurser onshore				X				
Overblik over maskiner og materiel på byggepladser		X						X
<b>2. Miljø og terræn</b>								
Urban heat areas - hvor godt virker grønne tage ift. sænk af temp.						X	X	
Klass. af overflader ift. nedslivningspotentiale					X	X	X	
Kortlægning af pot. terræændringer ved tunnelarbejde							X	
Kortlægning af årlig sætningsrate med nøjagtighed på 1 mm					X			
<b>3. Offshore aktiviteter</b>								
Kortlægning af vindresurser				X				
Kortlægning af bølgeenergier				X				

Tabel 5: Tabellen viser de behov, som virksomheder og myndigheder har peget på for nye eller forbedrede løsninger inden for fysisk planlægning og entreprenøropgaver.









sagsbehandlerne i dag flyfotos, som vi køber os til. Hvis satellitter kan levere den samme ydelse bedre, billigere eller mere aktuelt, vil det være interessant,” siger GIS-projektleder Thorbjørn K. Nielsen, kontoret for geoinformatik, Københavns Kommune.

Desuden varetager kommunen en række overvågninger af miljøforhold og lignende i samarbejde med HOFOR (Hovedstadsområdets Forsyningsselskab).

”Blandt andet vil vi gerne vide, hvor stort potentiale forskellige arealer har for nedsivning af regnvand, så vi kan planlægge beredskabet i forbindelse med oversvømmelser. Vi vil også gerne kende den præcise udbredelse af oversvømmelser, så vi kan kalibrere vores modeller,” siger planlægger Margit Lund Christensen, HOFOR.

Et andet ønske fra forsyningsselskabet er at kunne afsløre områder, hvor lækager eller lignende fører til overskud af varme.

Endelig er der muligheder for at udnytte satellitnavigation i Københavns Kommune, vurderer Thorbjørn K. Nielsen:

”I et pilotprojekt bruger medarbejderne i Center for Park og Natur mobile enheder til at registrere tilstanden af de mange træer i kommunen. Der tages et billede, og en række parametre vurderes. Her er positionsbestemmelse vigtigt, så man ved præcis hvilket træ, data vedrører. I øjeblikket udnyttes enhedens GPS, men nøjagtigheden er ikke altid god nok. Et tilsvarende eksempel er registreringer af antallet af cykler i kommunens cykelstativer.”

### Når kæmpebølger truer havets vindmøller

Kun en tåbe ville sejle ud i en brandstorm for at måle, hvor høje bølgerne bliver. Men en satellit, der befinder sig 500 kilometer højere oppe, kan uden risiko udføre målingen, der har stor værdi for DHI Group.

”Når man planlægger en hav-vindmøllepark har det stor betydning at vide, hvor høj, den højeste bølge, der vil komme de næste 100 år, forventes at blive. Denne faktor er afgørende for valget af materialer og for dimensioneringen. Tallet er svært at gætte sig til, men hvis man kan måle bølgehøjden under en faktisk, kraftig storm, der indtræffer på stedet, kan man få et godt fingerpeg,” siger Jacob Thornfeldt Sørensen, innovationschef for marin infrastruktur og energi, DHI Group.

Han tilføjer, at det også vil være interessant at kende de knap så ekstreme variationer i bølgehøjden:

”I den periode, hvor vindmølleparken opføres, har bølgernes højde betydning for, hvornår man kan sejle ud med materialer og grej. Når man har den viden på forhånd, slipper man for at sejle forgæves ud.”

Målinger af bølgers højde foretages fra satellitter udstyret med en speciel type radar, der kaldes et altimeter.

DHI Group, der oprindeligt udspringer af forskning ved DTU, er i dag en international koncern, som rådgiver om forvaltning af vandressourcer over hele kloden.

## FYSISK PLANLÆGNING OG ENTREPRENØROPGAVER

”Vi opererer ofte i områder, hvor kendskabet til vandressourcerne er langt mindre detaljerede, end vi er vant til her i Danmark. For eksempel er der mange områder i Afrika, hvor det nærmest vil være praktisk umuligt at gennemføre et tilstrækkeligt antal målinger på landjorden. Her kan man for eksempel forestille sig en kombination af satellitmålinger og landbaserede målinger på udvalgte lokaliteter,” siger Michael Butts, innovationschef for vandressourcer og miljøforvaltning i DHI Group.

Et tredje eksempel er at udnytte satellitter til at bestemme behovet for kunstvanding.

”I mange lande kører man efter et skema, hvor årstiden bestemmer, hvor meget der skal kunstvandes. Alt andet lige vil det være en langt bedre administration af vandressourcen, hvis man kan se ud fra satellitmålinger, hvor stort behovet er, så man kun vander, når det er nødvendigt, og i den rette mængde,” forklarer Henrik Madsen, innovationschef for floder og vandreservoirs, DHI Group.

Et fjerde eksempel er målinger af snedybder, som kan bruges til at vurdere, hvor meget vand floderne vil modtage, når sneen smelter – en information, der bl.a. har stor værdi i Asien, hvor mange floder modtager smeltevand fra Himalaya.

”Man kunne blive ved. Det er nærmest kun fantasien, der sætter grænser for, hvilke anvendelser af satellitbaserede tjenester, vi kan forventes at få,” siger Henrik Madsen.

### Satellitter kan hjælpe vindkraften

I afdelingen for vurdering af vindressourcer hos DONG Energy følger man med i udviklingen inden for satellitter til jordobservation.

”Vi bruger ikke satellitdata i vores vurderinger af vindressourcer, selvom vi er slutbrugere af meteorologiske modeller, som i høj grad bygger på input fra satellitter. Vi er opmærksomme på mulighederne for at benytte data fra jordobservation til at vurdere vindressourcerne. Men vi er ikke begyndt på det. Ikke endnu i det mindste,” siger Miriam Marchante Jiménez, Principal Specialist, Wind Assessment & Measurement, DONG Energy.

Når man skal beslutte placeringen af en vindmøllepark, er det afgørende at vide, hvor meget vind, man kan regne med på de steder, der overvejes, og fra hvilke retninger. Hvis der er tale om en offshore-park, kan analyser af bølgemønstrene på satellitdata give et fingerpeg om såvel vindens styrke som retningen. På land kan satellitternes billeder vise typen af bevoksning, bygninger, højdedrag og lignende i omgivelserne. Forhold, der har betydning for, hvor meget vinden dæmpes af landskabet.

”Det ville i givet fald være relevant for den tidlige planlægningsfase, som vi kalder Exploration. Her i Danmark er vindressourcerne ganske godt kendte, men mange steder i verden starter man fra et væsentligt svagere udgangspunkt med hensyn til data. Her kunne satellitdata være en måde at få et hurtigt overblik. På den måde kan man begrænse opsætningen af måleudstyr, som er bekostelig, til de mest lovende områder,” siger Miriam Marchante Jiménez.

”Vi vil følge udviklingen med interesse. Men det er klart, at vi har høje krav, som skal være opfyldt, før det kan blive relevant for os at udnytte data fra jordobservation til vurdering af vindressourcer. Kravene går på såvel den rumlige som den tidlige opløsning, samt på, at nøjagtigheden skal være dokumenteret.”





# Løsninger og udviklingsmuligheder for området

### Sådan kan satellitter bidrage til fysisk planlægning

På baggrund af de udfordringer og muligheder, som virksomheder og myndigheder har peget på under projektet, har DTU's forskere peget på emneområder, hvor forskning indenfor rumteknologien kan bidrage. Inden for området "Fysisk planlægning og entreprenøropgaver" ser DTU's forskere en række løsninger og udviklingsmuligheder, som adresserer de problemstillinger, som myndigheder og virksomheder har fremhævet.

### En stærk højdemodel for hele verden

Kote er den tekniske betegnelse for den højde, som et givent punkt har i forhold til havets overflade, og koterne er dermed et vigtigt omdrejningspunkt for bygge- og anlægsarbejder. Men som bekendt er havets overflade en variabel størrelse, og mange steder enten hæver eller sænker landjorden sig faktisk også. Derfor er der en stor efterspørgsel fra entreprenører, rådgivende ingeniører, landmålere og forskere efter værktøjer, der kan give pålidelige højdemodeller for et område. Behovet er særlig stort for de områder på kloden, hvor man ikke har gennemført detaljeret, landbaseret landmåling. Det gælder for eksempel størsteparten af Grønland. I Danmark kendes koterne normalt med et par centimeters nøjagtighed, men i Grønland vil man ofte være tilfreds med 10 centimeters nøjagtighed til de fleste formål. Det kan satellitter levere. Specielt er der store forventninger til den tyske mission TanDEM-X, som består af et tvillingpar af satellitter. De to satellitter medfører hver sin syntetisk apertur radar (SAR), og de følger hinanden tæt i kredsløbet, så man får det samme område på jordens overflade opmålt med en ganske lille forskel i optagevinklen. Det giver mulighed for højdemåling med god nøjagtighed. En global højdemodel baseret på missionens optagelser ventes offentliggjort i den nærmeste fremtid. Der vil være mulighed for at købe sig til specialprodukter. DTU Space kan rådgive om mulighederne for at benytte data fra såvel TanDEM-X som andre satellitbaserede højdemålinger for branchen<sup>4</sup>.

### Overflod af data kan også være et problem!

Når man skal udføre entreprenøropgaver eller fysisk planlægning i en afsides egn, vil næsten enhver nogensunde pålidelig oplysning være velkommen, men mange steder i verden står man med det modsatte problem. Her er mængden af tilgængelige oplysninger nærmest overvældende. Hvordan bringer man sine data ned i en

form, som gør det praktisk muligt at håndtere dem – vel at mærke uden at miste værdifuld information? Dette dilemma står forskere på DTU jævnligt over for. De er derfor godt klædt på til at rådgive interessenter i branchen om, hvordan man håndterer store mængder data (også kaldet 'big data') fra satellitter og andre kilder.

### Satellitter kan vise vind-ressourcerne

Når man skal beslutte placeringen af en vindmøllepark, er det helt afgørende at vide, hvor meget vind, man kan regne med på de steder, der overvejes. Vindretningen har også betydning, så man kan opstille møllerne i et mønster, hvor de skygger mindst muligt for hinanden. Når der er tale om en offshore vindmøllepark, kan jordobservations-satellitter bidrage direkte med relevant information. Det skyldes, at bølgemønstrene sladrer om vindens styrke og retning. Det kræver dog avanceret databehandling at komme fra bølgemønstret til de ønskede data. Der er i dag ingen tjenester, hvor man umiddelbart kan købe sig til satellitbaseret opmåling af vindressourcer, men det er muligt at alliere sig med DTU Vindenergi, som er blandt verdens absolut førende på området. Hvad angår vindmølleparker på land, kan satellitterne yde indirekte hjælp. Optagelserne kan nemlig vise, hvilke typer af bevoksning, bygninger og lignende, der findes på de pågældende lokaliteter. Disse data kan oversættes til et mål for overfladens såkaldte aerodynamiske ruhed, som igen fortæller, hvor meget vinden bremses af landskabet. Også her kan man med fordel gå gennem DTU Vindenergi, fordi standardprodukterne baseret på jordobservation ikke er optimeret i forhold til vind-anvendelser. Både inden for vand- og landanvendelser besidder DTU Space ekspertise til bestemmelse af de relevante parametre fra satellitdata. For såvel landbaserede som offshore vindmøller gælder, at mulighederne bliver stærkt forbedret af de kommende europæiske Sentinel-satellitter, først og fremmest fordi man kan regne med et stort antal optagelser.

### Opdagelse af varmespild i byer

Efterhånden kender de fleste til optagelser med infrarøde kameraer, der afslører dårligt isolerede bygninger. Samme teknik kan bruges fra rummet til at opdage varmespild i større skala. Ud over at fremme bedre isolering og dermed gavne klimaet er oplysningerne relevante for sundhedsmyndighederne, fordi områder med forhøjet varme er vist at påvirke borgernes helbred negativt. Omvendt er det også interessant at vide, om tiltag, der skal sænke temperaturen i bestemte områder, faktisk

<sup>4</sup> Orbicon, NIRAS og Cowi er eksempler på virksomheder.

## FYSISK PLANLÆGNING OG ENTREPRENØROPGAVER

har fået den ønskede effekt. Den kommende europæiske satellit-mission Sentinel-3 omfatter to satellitter, der begge bliver udstyret med infrarøde kameraer, der kan dække formålet. Til mange anvendelser vil det dog formentlig være ønskeligt med en højere opløsning end den, som satellitterne kan give. Her vil det være relevant at overveje at placere sensorerne på fly eller droner. Her vil oplagt samarbejde være sammen med en landinspektørvirksomhed.



Virksomheder, myndigheder og DTU's forskere peger i kapitlet på, at der umiddelbart er mulighed for at sætte projekter og samarbejder i gang inden for rumbaseret teknologi og tjenester, der kan understøtte fysisk planlægning, fx ved at vurdere vindressourcerne ved anlæggelse af en offshore vindmøllepark eller udarbejdelse af en højdemodel inden der planlægges kommende infrastruktur. Fysisk planlægning er i sagens natur en "downstream"-anvendelse af rumteknologi. Imidlertid er der også behov for mere tværgående initiativer. For at kunne løse de opgaver der blandt andet er peget på i dette kapitel, er der behov for et forum, der kan fremme videndeling og matchmaking mellem videninstitutioner og "downstream"-virksomheder. Derfor anbefales det at etablere et forum med deltagelse af relevante erhvervs- og brancheforeninger samt vidensinstitutioner. Blandt andet skal parterne adressere mulighederne for, at danske virksomheder – særligt små og mellemstore virksomheder - kan indgå som underleverandører (rapportens anbefaling C).

Et større engagement i europæisk rumforskning har endvidere stor relevans for fysisk planlægning. Rapporten viser, at der er et stort potentiale for at etablere og gennemføre flere fælles projekter, hvor både rumforskere og virksomheder deltager. Det gælder navnlig i "downstream"-sammenhæng. Oplagte steder at finde finansiering er under EU-rammeprogrammet Horizon 2020 samt hos den europæiske rumorganisation ESA (rapportens anbefaling E).

Fysisk planlægning og entreprenøropgaver			
	DTU Space	DTU Compute	DTU Vindenergi
En stærk højdemodel for hele verden	X		
Overflod af data kan også være et problem	X	X	
Satellitter kan vise vind-ressourcerne	X		X
Opdagelse af varmespild i byer	X	X	

Tabel 6: Tabellen viser, hvilke DTU-institutter, der - alene eller i fællesskab - kan medvirke til løsningen af de udfordringer, som virksomheder og myndigheder har peget på inden for fysisk planlægning.

## 5. Potentiale for Danmark

# Potentiale for Danmark – i stærk konkurrence med udlandet

Mange danske virksomheder har muligheder for at øge deres omsætning og skabe nye arbejdspladser ved at udnytte satellitbaserede tjenester. Samtidig har en række offentlige myndigheder chancen for at løse vigtige samfundsopgaver mere effektivt. Men for danske virksomheder gælder det om at være med nu, hvis man har ambitioner om at ligge fremme i kapløbet om at udvikle og levere de nye tekniske løsninger og dermed omsætte rumteknologiens potentiale til indtjening og vækst i arbejdspladser.

Projektet, som ligger til grund for denne rapport, har afdækket brancher i dansk industri, hvor mulighederne for vækst baseret på rumteknologi er særligt store. Eksempler er de brancher, der beskæftiger sig med transport til lands, til vands og i luften. Her er der muligheder for forbedret flådestyring og ruteplanlægning dels baseret på udnyttelse af den nøjagtige satellitnavigation, som Galileo-systemet tilbyder, dels baseret på jordobservation, der kan give overblik over den samlede trafiksituation og forhold på ruten. Et andet eksempel er rådgivende ingeniører og andre virksomheder, der arbejder med geografisk information.

Ud over de oplagte muligheder for, at virksomheder i dansk industri kan gøre sig mere konkurrencedygtige og dermed bidrage til vækst og innovation, rummer satellitbaserede tjenester et stort potentiale for at hjælpe offentlige myndigheder. Potentialet rækker lige fra løsningen af meget grundlæggende opgaver, som at holde hus med Danmarks fysiske landskab, de såkaldte geodata, til mere nicheprægede formål som at overvåge udbredelsen af bjørneklo eller holde styr på en kommunes træer.

I øvrigt er der ofte et potentiale for direkte økonomisk vækst i løsninger, der efterspørges af myndigheder, fordi en række offentlige institutioner også er leverandører af ydelser. Det gælder for eksempel Danmarks Meteorologiske Institut (DMI), der allerede leverer farvandsudsigter og brugerdefinerede vejruddsigter mv., og som ser et potentiale for nye eller forbedrede tjenester baseret på data fra satellitter.

Ud over de nævnte brancher og myndigheder vurderes IT-branchen i særlig grad af kunne udnytte de muligheder

Galileo og Copernicus kommer med. Dels ved at kunne levere de efterspurgte softwareløsninger, dels ved at kunne udvikle relevant hardware både til fx smartphones eller andre kommunikationsmidler samt medvirke ved udvikling af software og hardware til droner. Både myndigheder og virksomheder fra alle de tre områder, vil være relevante kunder.

Men gevinsterne kommer ikke af sig selv. Det gælder om at være på tæerne. Især hvis man har ambitioner om at ligge fremme i kapløbet om at udvikle og levere de nye tekniske løsninger og dermed omsætte rumteknologiens potentiale til indtjening og vækst i arbejdspladser.

En cost-benefit analyse fra EU Kommissionen (2011) anslår, at Copernicus har potentiale til at skabe en nettoværdi for Europa svarende til mere end 50 milliarder euro.<sup>1</sup> En markedsanalyse fra det europæiske satellitnavigationsagentur (2012) anslår, at markedet for tjenester og produkter, der baserer sig på satellitnavigation, vil vokse med op til 13 % om året frem til 2016, hvor det vil nå en anslået størrelse på 220 milliarder euro.<sup>2</sup>

I en række europæiske lande er der oprettet ESA Business Incubator Centre med støtte fra den europæiske rumfartsorganisation. Et ESA BIC støtter opstartsvirksomheder og udvikling af kommercielle applikationer baseret på rumteknologi og -infrastruktur. Anwendungszentrum i Bayern, Tyskland, er ét af syv ESA Business Incubation Centers i Europa. Centret er ejet af offentlige og private partnere i Tyskland, herunder forskningsinstitutioner som Fraunhofer-Gesellschaft og German Aerospace Center (DLR). Centret har på knap 10 år skabt flere end 65 nye opstartsvirksomheder. Desuden støtter centret bl.a. innovationskonkurrencer med fokus på Galileo og Copernicus.<sup>3</sup>

En lignende enhed, European Centre for Space Applications and Telecommunications (ECSAT), åbnede i 2013 i Harwell, Storbritannien. Investeringen i det nye center skal ses i forlængelse af den øgede betydning rumindustrien har i UK. Den britiske rumindustri vokser i gennemsnit med 8 % om året. Industrien har en årlig omsætning på over 9 milliarder £ og beskæftiger flere end 30.000 personer i højt kvalificerede jobs.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> [http://copernicus.eu/pages-principales/library/study-reports/?no\\_cache=1&cHash=09fd6139b5c2298871030b0946b7f9f9](http://copernicus.eu/pages-principales/library/study-reports/?no_cache=1&cHash=09fd6139b5c2298871030b0946b7f9f9)

<sup>2</sup> <http://www.gsa.europa.eu/>

<sup>3</sup> <http://www.anwendungszentrum.de/>

<sup>4</sup> <http://www.esa.int/>



## 6. KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

## KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

# Satellitter er en nøgle til vækst og effektive samfundsløsninger – chancen skal gribes nu!

Med satellitpositionering og jordobservation er der en lang række uudnyttede muligheder for at skabe vækst og forbedret konkurrenceevne for danske virksomheder. Det nye EU-program Galileo, der bliver Europas svar på det amerikanske GPS-system, giver med en række forbedrede tjenester for europæiske brugere nye muligheder, mens Copernicus sætter system i udnyttelsen af data fra satellitter, der overvåger Jorden. Samtidig bidrager teknologierne til, at danske myndigheder kan løse deres opgaver markant mere effektivt. Begge dele fremgår af rapporten.

Rapporten viser, at de potentielle slutbrugere af rumteknologi blandt danske virksomheder og myndigheder har ganske konkrete forestillinger om, hvilke løsninger, der er mulige og attraktive inden for deres interesseområder. Samtidig vurderer DTU's forskere, at der er et stort potentiale for at imødekomme ønskerne.

Mange projekter og samarbejder, kan sættes i gang her og nu. Men effekten bliver endnu større, når virksomheder, myndigheder og forskere samarbejder om tværgående initiativer, der løfter hele området. Rapporten har derfor en række anbefalinger til bredere initiativer. Fælles for forslagene er, at det er muligt at gennemføre dem inden for en overskuelig tidshorisont, og at de har et stort potentiale for at løfte udnyttelsen af rumteknologien til gavn for vækst og konkurrenceevne i Danmark.

### **Anbefaling A - Samfundspartnerskab om satellitbaserede tjenester og produkter**

Et af virkemidlerne i den nye "Danmarks Innovationsfond- Fonden for strategisk forskning, højteknologi og innovation" er samfundspartnerskaber, hvor private virksomheder, videninstitutioner og offentlige myndigheder går sammen om løsninger på konkrete samfundsudfordringer inden for en tidshorisont på tre til fem år. Det vil være oplagt med et samfundspartnerskab inden for anvendelse af rumteknologi i transportsammenhæng. For eksempel om forbedring af skibenes ruteplanlægning. De rederier og andre søfartsinstanser, som har leveret input til rapporten, peger alle på et stort potentiale for Danmark på området. Dette udviklingsarbejde kan oplagst ske i et samfundspartnerskab mellem branchen, myndigheder og videninstitutioner. Tilsvarende vil flere af de andre indsatsområder beskrevet i rapporten, kunne løses ved en lignende konstruktion.

### **Anbefaling B - Etablering af et ESA Business Incubator Center i Danmark**

En række af de andre medlemslande i den europæiske rumorganisation ESA har allerede med succes etableret hver deres såkaldte ESA Business Incubator Center (BIC). Et ESA BIC er en "rugekasse" for teknologi-intensive opstartsvirksomheder, som arbejder for at realisere det kommercielle potentiale i innovativ brug af rumteknologi i produkter og tjenester uden for rumsektoren. Et ESA BIC vil i særlig grad være afgørende for små og/eller nystartede virksomheder, der ønsker at udvikle nye rumbaserede "downstream"-løsninger og produkter. ESA yder støtte til etableringen af et BIC, men der skal også påregnes national og regional medfinansiering. På europæisk plan er flere end 180 opstartsvirksomheder blevet støttet med teknisk ekspertise og forretningsudvikling gennem de eksisterende syv ESA BIC's. Etableringen af et ESA BIC i Danmark vil således kunne bidrage til at omsætte det betydelige kommercielle potentiale, som dette projekt har afdækket, i nye danske opstartsvirksomheder.

### **Anbefaling C - Styrket klyngeindsats**

Projektet har demonstreret potentialet i en struktureret dialog og samarbejde mellem universiteter og "downstream"-virksomheder. Som et væsentligt output af projektet er en række nye forretningsområder, produkter og tjenester blevet skitseret. Realiseringen af mulighederne vil ofte kræve en fokuseret udviklingsindsats hos virksomhederne. I andre tilfælde forudsætter realiseringen af mulighederne et tæt forskningssamarbejde med en videninstitution samt videndeling på tværs af aktørerne. Rapporten anbefaler derfor en styrket klyngeindsats for "downstream"-virksomheder med deltagelse af erhvervs- og brancheorganisationer samt videninstitutioner, der kan fremme den nødvendige videndeling og matchmaking mellem parterne. Klyngen bør særligt fremme, at danske virksomheder, herunder særligt små- og mellemstore virksomheder, kan indgå som leverandører til det danske og internationale marked for satellitbaserede tjenester og produkter.

### **Anbefaling D - Dialog om brug af rumbaserede tjenester hos danske myndigheder**

Rapporten giver en række eksempler på, hvordan rumbaserede tjenester kan bidrage til, at danske myndigheder udfører deres opgaver mere effektivt. Beredskabsstyrelsen fremhæver behovet for værktøjer, der kan give styrelsen

## KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

et hurtigt overblik over ulykkes- og katastrofeområder. Udmeldingen fra Geodatastyrelsen er, at det er højest tænkeligt, at deres brug af rumbaserede data med fordel kan øges væsentligt. NaturErhvervsstyrelsen påpeger mulighederne for at anvende satellitdata som en potentielt billigere metode til kontrol af EU's arealstøtte til landbruget. Arktisk Kommando med hovedkontor i Nuuk nævner de store perspektiver for en mere effektiv overvågning af de arktiske farvande ved hjælp af satellitbaserede tjenester. Rapporten anbefaler på den baggrund, at der indledes en dialog om brug af rumbaserede tjenester hos danske myndigheder. En øget anvendelse af rumbaserede tjenester blandt danske myndigheder vil kunne sikre en mere effektiv opgaveløsning – og samtidig fungere som en "driver" for vækst og øget konkurrenceevne blandt danske virksomheder.

### **Anbefaling E - Større dansk virksomhedsengagement i europæisk rumforskning**

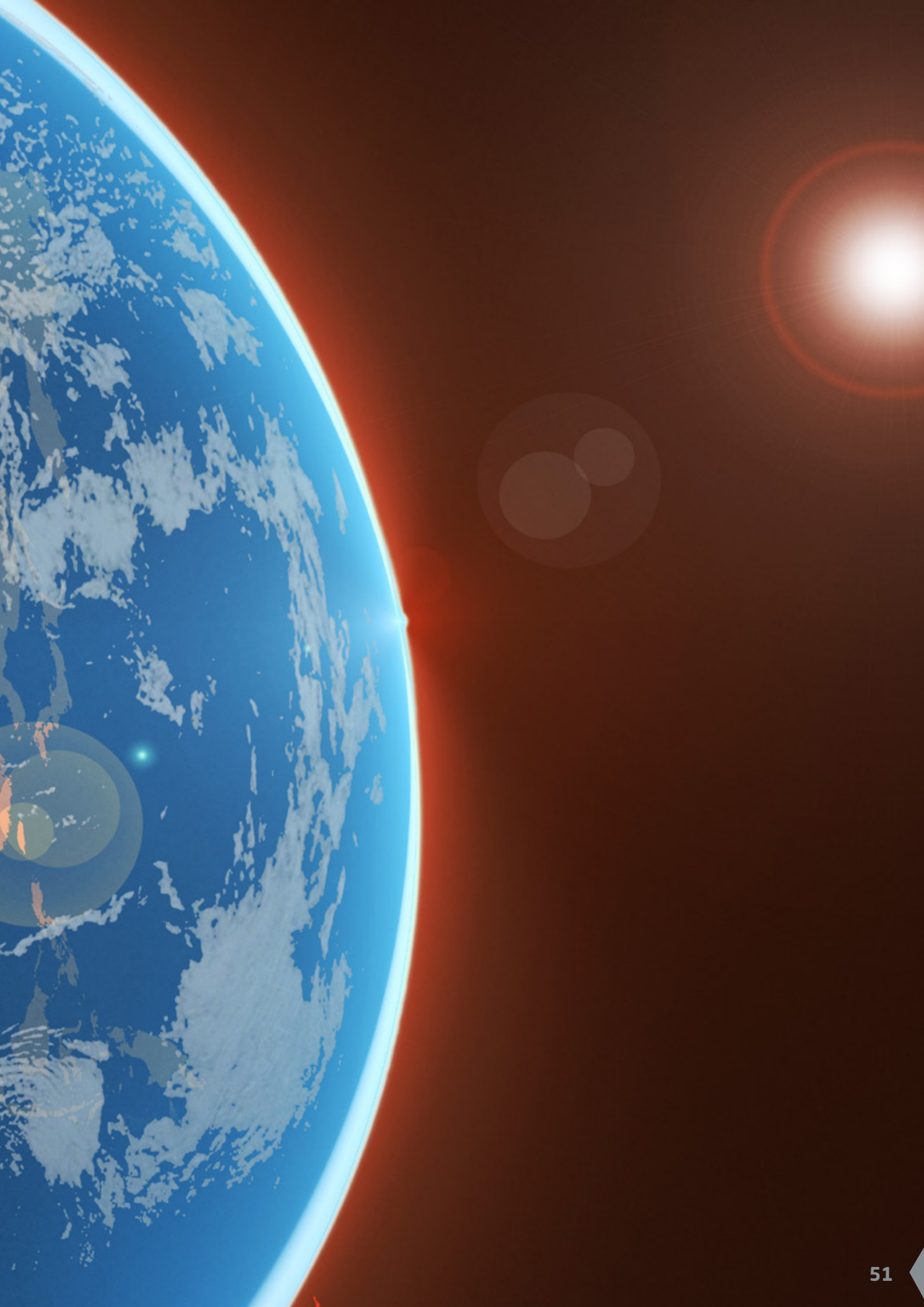
Dansk rumforskning befinder sig på et meget højt niveau i international sammenhæng. Det dokumenteres blandt andet af store danske fingeraftryk på en række europæiske satellit-missioner, hvor danske forskere både har deltaget i den videnskabelige planlægning og i udvikling og fremstilling af flere instrumenter. Det er især de europæiske programmer Galileo og Copernicus, der åbner muligheder for danske anvendelser af rumteknologien. Derfor vil det have stor værdi, at danske interessenter involverer sig mere i programmerne. Begge programmer ledes af Europa-Kommissionen. Det vil sige, at danske virksomheder og forskere har mulighed for at søge penge til deltagelse i europæiske forsknings- og innovationsprojekter med relation til rumprogrammerne ("upstream"-teknologier til satellit-missionerne), i kraft af Danmarks almindelige medlemskab af EU. Som denne rapport viser, er der et stort potentiale for at etablere og gennemføre flere fælles projekter, hvor både rumforskere og virksomheder deltager med særlig fokus på det såkaldte "downstream" marked. Oplagte steder at finde finansiering er under EU-rammeprogrammet Horizon 2020 samt hos den europæiske rumorganisation ESA.

### **Anbefaling F - Danmark bør støtte især europæiske "downstream"-aktiviteter mere**

Den europæiske rumorganisation ESA finansierer aktiviteter både indenfor udvikling og opbygning af satellitsystemer ("upstream") og udvikling af anvendelser af satellitdata ("downstream"). Det er klart, at "upstream"-delen er den mest omfattende, idet omkostningerne ved at bygge satellitsystemer og de tilhørende jordstationer er meget store. Derfor går en stor del af ESA-bidraget til at dække sådanne aktiviteter og til danske firmaer, der arbejder inden for dette felt. Men som denne rapport påviser, er "downstream"-aktiviteterne særdeles vigtige, idet de både er med til at udvikle nye anvendelser, herunder identificere behov for nye satellitdata, og til at sikre at satellitdata anvendes i flest mulige sammenhænge til gavn for samfundet. Det anbefales derfor, at det sikres, at en relativ større del af ESA-bidraget anvendes til at støtte sådanne aktiviteter. I prioriteringen af ESA's frivillige programmer bør der afsættes flere midler til programmer, der indeholder "downstream"-aktiviteter. Dette vil være med til at udvide kredsen af firmaer, der kan gå ind i ESA-aktiviteter, og dermed øge antallet af højteknologiske arbejdspladser inden for sektoren i Danmark.

### **Anbefaling G - Efter- og videreuddannelse inden for rumteknologi**

DTU oprettede i 2012 en ny uddannelse i Geofysik og rumteknologi. Men, når de brancher der er kortlagt i denne rapport får øjnene op for de vækstmuligheder der ligger i udnyttelse af rumteknologierne forventes det, at der vil komme en efterspørgsel på efter- eller videreuddannelse inden for vidensområder, der ikke er dækket af uddannelsesmarkedet i dag. Danske vidensinstitutioner, herunder DTU, bør derfor være klar til at løfte denne opgave og tilbyde nye efter- og videreuddannelser inden for rumteknologi.





$$f(x+\Delta x)=\sum_{i=0}^{\infty}\frac{(\Delta x)^i}{i!}f^{(i)}(x)$$